This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

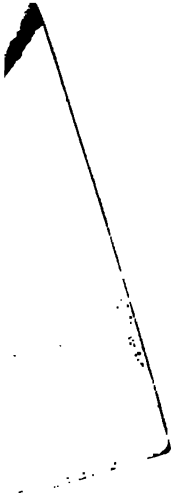
Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

LIBRARY

PRETIOSA FACIT

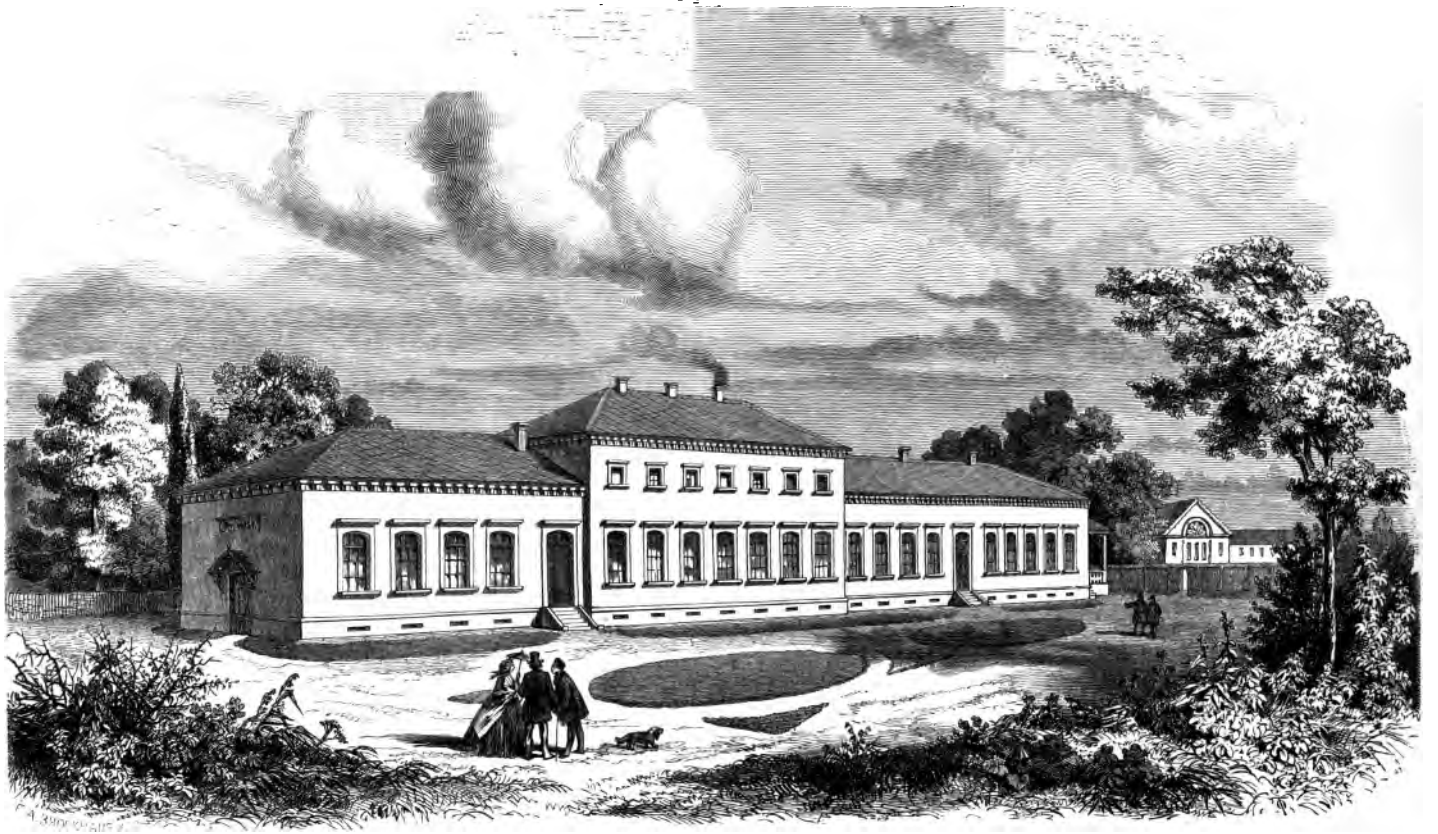
ollection.
in 1893.

Bancr 216



Die

Chemie der Gegenwart.



Die

Chemie der Gegenwart

in ihren Grundzügen und Beziehungen

zu

Wissenschaft und Kunst, Gewerbe und Ackerbau, Schule und Leben.

Für Gebildete aller Stände

dargestellt von

Friedrich Schoedler.

NEW YORK PUBLIC LIBRARY

Mit zahlreichen in den Text gedruckten Holzschnitten.

Dritte, umgearbeitete und sehr vermehrte Auflage.

Leipzig:

F. A. Brockhaus.

1859.

Das Recht der Ueberſetzung ins Engliſche und Franzöſiſche wird vorbehalten.

LENOX LIBRARY
NEW YORK

TRANSFER FROM LENOX.

Seinem hochverehrten Lehrer und Freunde

Freiherrn

Justus von Liebig

widmet dieses Buch

der Verfasser.

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

Wenn inmitten der vielfachen und bedeutsamen Huldigungen, welche die dankbare Gegenwart Ihnen gewährt, auch dieser kleine Bruchtheil von meiner Seite hinzukommt, so darf ich wol hoffen, daß demselben jene wohlwollende Aufnahme nicht versagt werde, die Sie aufmunternd jederzeit dem Strebenden zu Theil werden ließen

Indem ich der von dem Herrn Verleger an mich ergangenen Aufforderung:

„Dem größern Publikum eine Darstellung der «Chemie der Gegenwart» in ihren Grundzügen und in ihren mannichfaltigen Beziehungen zu geben",

nach Kräften zu genügen versuche, drängt sich mir vor allem das Bild Ihres Wirkens, Ihrer Erfolge, Ihrer Schule in den Vordergrund.

Die Ergebnisse hiervon sind längst zur allgemeinen Kenntniß gekommen, sie sind ein Gemeingut geworden. Allein nur wenigen kann die Art und Weise vertraut sein, in der die eigene Thätigkeit anregend von dem Mittelpunkt Ihres Selbst peripherisch sich weiter verbreitete. Jahrelang in Ihrer Umgebung und, ich darf es wol sagen, Ihnen ein treuer Gehülfe, hat sich vor meinen Augen das schönste Verhältniß eines Lehrers zu seinen Schülern erfreulich entfaltet.

Nicht selten begegnet man in Schriften, die dem Unterrichts- und Erziehungswesen gewidmet sind, der Klage, daß unsere höhern Lehranstalten, im Vergleich mit frühern Zeiten und mit anderwärtigen Anstalten, z. B. Englands, zwar unverkennbar einen umfangreichern Stoff dem Lernenden zuführen und auch beibringen, daß dieses aber allzu sehr auf Kosten der eigenen freien Thätigkeit der letztern geschehe, daß die selbständige Entwickelung der Individualitäten ungemein beeinträchtigt werde, daß überhaupt das Wissen unverhältnißmäßig gesteigert erscheine, im Vergleiche zum Können.

Im Gegensatz hierzu erhebe ich geradezu die Anregung zur Selbstthätigkeit, zur Anwendung des aufgenommenen Stoffs, zur Uebung der geistigen Kraft und der hingebenden Ausdauer in der schweren Kunst der Beobachtung, als den hervorstechenden, als den folgereichsten Zug Ihrer lehrenden Wirksamkeit. Das reichste Wissen, die umfassendsten Kenntnisse — es sind todte Schätze und vergrabene Pfunde, solange sie nicht durch den Zauber befruchtender Ideen gehoben und in Fluß gebracht werden. In welchem Maße Ihnen dies gelungen, bezeugen die Reihen von Arbeiten und Arbeitern, die aus Ihrem Laboratorium hervorgegangen sind.

Vorzüglich schön gestaltete sich jedoch diese Ein- und Wechselwirkung zwischen dem Lehrer und Lernenden, indem Sie stets geneigt waren, den Schüler auch persönlich näher anzuziehen und bis zum Range eines Freundes zu erheben in dem Maße, als derselbe durch Hingebung an die Wissenschaft und Bewährung seiner Berufung sich dessen würdig erwies.

So wurde Ihre Schule zur Familie und diese erweiterte sich zur Gemeinde, die innig verbunden, jetzt weit über alle Länder zerstreut ist. So gewährten Sie in jetziger Zeit das seltene Beispiel eines Lehrers, wie es bewundernd aus der Blütezeit der griechischen Wissenschaft uns geschildert wird — eines Lehrers, der nicht fern aus olympischer Höhe Orakel verkündend, sondern her-

abgestiegen erscheint in den Kreis seiner Zuhörer — ihr Lehrer, ihr Freund!

Ich aber, hochverehrter Freund, glaubte dieses Bild als eine nothwendige Ergänzung einem Werke voranstellen zu sollen, dessen Zweck es ist, einen im chemischen Gebiete nicht selbst einheimischen Leserkreis in dasselbe einzuführen.

Worms, 24. August 1854.

Friedrich Schoedler.

Nicht selten begegnet man in Schriften, die dem Unterrichts- und Erziehungswesen gewidmet sind, der Klage, daß unsere höhern Lehranstalten, im Vergleich mit frühern Zeiten und mit anderwärtigen Anstalten, z. B. Englands, zwar unverkennbar einen umfangreichern Stoff dem Lernenden zuführen und auch beibringen, daß dieses aber allzu sehr auf Kosten der eigenen freien Thätigkeit der letztern geschehe, daß die selbständige Entwickelung der Individualitäten ungemein beeinträchtigt werde, daß überhaupt das Wissen unverhältnißmäßig gesteigert erscheine, im Vergleiche zum Können.

Im Gegensatz hierzu erhebe ich geradezu die Anregung zur Selbstthätigkeit, zur Anwendung des aufgenommenen Stoffs, zur Uebung der geistigen Kraft und der hingebenden Ausdauer in der schweren Kunst der Beobachtung, als den hervorstechenden, als den folgereichsten Zug Ihrer lehrenden Wirksamkeit. Das reichste Wissen, die umfassendsten Kenntnisse — es sind todte Schätze und vergrabene Pfunde, solange sie nicht durch den Zauber befruchtender Ideen gehoben und in Fluß gebracht werden. In welchem Maße Ihnen dies gelungen, bezeugen die Reihen von Arbeiten und Arbeitern, die aus Ihrem Laboratorium hervorgegangen sind.

Vorzüglich schön gestaltete sich jedoch diese Ein- und Wechselwirkung zwischen dem Lehrer und Lernenden, indem Sie stets geneigt waren, den Schüler auch persönlich näher anzuziehen und bis zum Range eines Freundes zu erheben in dem Maße, als derselbe durch Hingebung an die Wissenschaft und Bewährung seiner Berufung sich dessen würdig erwies.

So wurde Ihre Schule zur Familie und diese erweiterte sich zur Gemeinde, die innig verbunden, jetzt weit über alle Länder zerstreut ist. So gewährten Sie in jetziger Zeit das seltene Beispiel eines Lehrers, wie es bewundernd aus der Blütezeit der griechischen Wissenschaft uns geschildert wird — eines Lehrers, der nicht fern aus olympischer Höhe Orakel verkündend, sondern her-

abgestiegen erscheint in den Kreis seiner Zuhörer — ihr Lehrer, ihr Freund!

Ich aber, hochverehrter Freund, glaubte dieses Bild als eine nothwendige Ergänzung einem Werke voranstellen zu sollen, dessen Zweck es ist, einen im chemischen Gebiete nicht selbst einheimischen Leserkreis in dasselbe einzuführen.

Worms, 24. August 1854.

Friedrich Schoedler.

Vorrede zur dritten Auflage.

Indem es mir vergönnt ist, mit dieser Darstellung der Chemie in ihrem gegenwärtigen Zustande zum dritten male mich an die Theilnahme freundlicher Leser zu wenden — nämlich zuerst in dem von der Verlagshandlung herausgegebenen Werke „Die Gegenwart", sodann in Umarbeitung als selbständiges Buch und jetzt in der vorliegenden Gestalt — war ich bemüht, dem Werke jede seinem Zwecke entsprechende Ergänzung und Erweiterung zu Theil werden zu lassen, welche durch die selbst in kurzen Zwischenräumen merkliche Bewegung dieser Wissenschaft geboten schien. Es betraf dieses insbesondere die Abtheilung der organischen Chemie, ein Gebiet, das sowol durch fortwährende Combination neuer Stoffe und Verbindungen, als auch durch die hieran sich knüpfenden theoretischen Gesichtspunkte jetzt vorzugsweise das Interesse und die Thätigkeit der Chemiker in Anspruch nimmt.

Im übrigen habe ich die frühere Anordnung beibehalten. Nachdem im ersten Abschnitt ein kurzer Grundriß der Chemie den Leser über die wichtigsten Stoffe, Verbindungen und Gesetze der Chemie unterrichtet, dient ihm die historische Darstellung der Entwickelung der Chemie des zweiten Abschnitts zur Würdigung des von dieser Wissenschaft in der Gegenwart eingenommenen Standpunktes. Der dritte Abschnitt hat die Bestimmung, die allseitigen Beziehungen der

Einleitung.

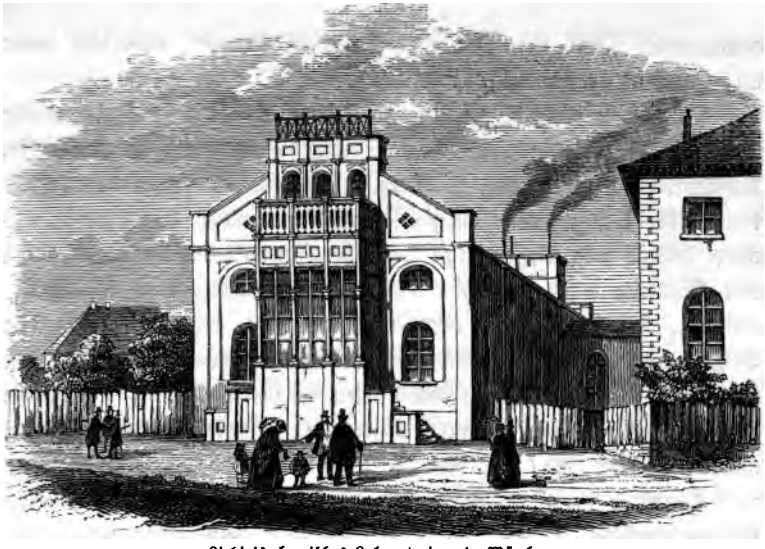
So beruht die neuere Chemie hauptsächlich darauf, das zu trennen, was die Natur vereinigt hatte; wir heben die Syntheſe der Natur auf, um ſie in getrennten Elementen kennen zu lernen.

Goethe.

Von den verſchiedenen Wiſſenſchaften, deren Cultus den menſchlichen Geiſt beſchäftigt, iſt die Chemie vorzugsweiſe der Pflegling, der Stolz und die Hoffnung der Gegenwart. Jahrhundertelang als Aushelferin im Dienſte der verſchiedenſten Richtungen, hat ſie endlich ihre Selbſtändigkeit errungen; und mit dem vollen Bewußtſein, ſich ſelbſt Zweck zu ſein, ihre Feſſeln zerbrechend, iſt die Chemie plötzlich mit aller Glorie und Macht aufgetreten, welche eine jede wahre Wiſſenſchaft erhebend und belebend um ſich verbreitet.

Der Uebergang aus dem Dienſte zur Freiheit, aus der Dunkelheit verworrener Begriffe und unvollkommen beobachteter Thatſachen zur ſichern Methode, zum klaren und feſtbegründeten Geſetze — iſt durch einige große Schritte im Verlaufe des jüngſten halben Jahrhunderts ſo raſch und erfolgreich geſchehen, daß die neuere Chemie, gleich einer Minerva, gewappnet dem Haupte Jupiter's entſprungen erſcheint.

Dieſes Hervortreten der neuen Wiſſenſchaft in die Reihe der längſtberechtigten hatte ſelbſt für diejenigen etwas Ueberraſchendes, die an dem Geſtaltungsproceſſe derſelben ſich betheiligten oder mit der Chemie und den näher verwandten Wiſſenſchaften ſich beſchäftig-



Liebig's chemiſches Laboratorium in München.

I. Grundzüge der Chemie.

1. Begriff des Gegenſtandes; Methode der Darſtellung.

Es iſt nach den einleitenden Worten begreiflich, daß bei denjenigen, die mit dem Studium der Chemie ſelbſt ſich nicht befaßten, nur ſehr ungenaue Vorſtellungen über die Bedeutung der Begriffe Chemie und Chemiker herrſchen mögen, und es ſei uns erlaubt, in dieſer Beziehung zwei Anekdoten anzuführen. Es wird erzählt, daß der Famulus des großen Schweden Berzelius, gefragt, was denn eigentlich die Chemie wäre, die ſeinem Herrn ſo großen Ruhm erwerbe, die folgende Aufklärung gab: „Zuerſt muß ich allerlei Materialien in großen Flaſchen holen — dann werden ſie in kleinere Gefäße gefüllt und aus dieſen wieder in ganz kleine Gläſer gegoſſen, die endlich alle in einen Kübel geſchüttet werden, den ich täglich hinaustrage und ausleere — das iſt die Chemie!“ Liebig, als Knabe von einem Lehrer gefragt, was er einſt werden wolle,

antwortete: „Ein Chemiker.“ „Dummer Junge“, fuhr ihn jener an, „das ist ja gar nichts!“

Dürfen wir auch bei unsern Lesern eine bessere Orientirung über die Bedeutung der Chemie voraussetzen, als sie in diesen Anekdoten sich kund gibt, so herrscht doch in den Augen des Publikums über kein naturwissenschaftliches Gebiet mehr Unsicherheit, als über Inhalt und Begrenzung des chemischen. Die Mehrheit kann den Chemiker nicht von seinem alten Brotherrn, dem Apotheker, trennen, sodaß er mehr oder weniger einen gewissen officinellen Beigeschmack erhält. Andere stellen sich die Chemie nur in ihren technischen Beziehungen vor und denken bei ihrem Namen sogleich an hundert oder tausend erprobte Mittel und Mittelchen für und gegen alles Mögliche. Ja, sehr vielfach verbindet sich mit der Vorstellung vom Chemiker noch das geheimnißvolle kabbalistische Wesen der alten Goldmacherkunst, sodaß Scheidekünstler und Schwarzkünstler in diesem Falle nahe verwandte Bezeichnungen sind. Nicht wenig trägt hierzu die Rolle bei, welche der Chemie in unserer schönen Literatur, wie namentlich durch Jean Paul, E. T. A. Hoffmann und neuerdings wieder durch Immermann in seinem „Münchhausen“, übertragen worden ist, wo mehrfach der Chemiker in allerlei übernatürlichen, geheimnißvollen und abenteuerlichen Verhältnissen und Umgebungen erscheint. So ein düsteres chemisches Laboratorium, mit seltsam gestalteten Phiolen und Apparaten, mit seinen Dreifüßen und Schmelztiegeln erhält leicht durch Zusatz von Salamander und Todtengebein den Anstrich einer Hexenküche und ist dann ein gar vortrefflicher Schauplatz und Hintergrund für eine romantische Figur.

Indem wir nun im Begriffe sind, über die Chemie auf ihrem gegenwärtigen Standpunkte mit einem größern Publikum uns zu unterhalten, erscheint vor allem eine Verständigung über die Bedeutung des Gegenstandes nothwendig, und es leitet uns dies auf eine Betrachtung der Naturwissenschaften überhaupt und auf das gegenseitige Verhältniß derselben.

Es gibt nur Eine Naturwissenschaft. Ihre Aufgabe ist das ganze Bereich des sinnlich Wahrnehmbaren, ihr Ziel die Aufsuchung

des sich durch dasselbe offenbarenden göttlichen Gedankens. Daß eine Annäherung an dieses erhabene Ziel möglich ist, dafür sprechen manche von dem strebsamen Geiste des Menschen bereits errungene Erfolge. Vergleichbar dem Thema, das durch alle Theile eines großen Tonwerks hindurchzieht, sind Naturgesetze erkannt worden, die in der ganzen Mannichfaltigkeit der Naturerscheinungen als maßgebend und bestimmend sich wiederfinden. Alle Eintheilung der Naturwissenschaft hat daher keinen andern Sinn und Zweck, als vorläufige Theilung der Arbeit. Es würde dem Einzelnen unmöglich sein, alle die bunt durcheinander laufenden Fäden, aus welchen das reiche Bild der Natur gewirkt ist, gleichzeitig zu verfolgen. Geht man aber um so sorgfältiger dem Einzelnen nach, so trifft man früher oder später mit denjenigen wieder zusammen, die eine ganz andere Richtung eingeschlagen hatten und die jetzt gemeinschaftlich der Einheit des Ziels bei verschiedenen Wegen sich staunend erfreuen.

Dies hat ein Zweig der Naturwissenschaft, dessen Cultur ebenfalls vorzugsweise der Gegenwart angehört, die Geologie, auf das überraschendste gezeigt, indem der Physiker, Chemiker, Zoolog und Botaniker dem Mineralogen freundschaftlich die Hand reichten und zur endlichen Lösung seiner Aufgabe, welche die Gestaltungsgeschichte des Erdballs ist, erfolgreich mitwirkten. Ja, gerade von dieser Periode des Zusammentreffens an erhielt erst die Geologie die volle Sicherheit und die Grundlage, von der aus sie sich zur abschließenden allgemeinen Betrachtung erheben konnte.

Die Theilung der Arbeit im Bereiche der Naturwissenschaft geschieht, wie bei allen größern Unternehmungen, nach dem Grundsatze, daß alles Gleichartige möglichst als ein besonderes Gebiet angebaut werde. Nur von diesem Gesichtspunkte der Einheit und des nothwendigen Zusammenhangs ausgehend, wird es leicht fallen, eine Eintheilung und Begrenzung der Naturwissenschaften vorzunehmen. Jeder Versuch dagegen, dieses Ganze gleich einer Mosaik in scharf eingegrenzte Quadrate zerlegen zu wollen, würde bei allem Aufwande von Logik und Consequenz eben doch nur bedeutungsloses Stückwerk liefern.

Der geschichtliche Verlauf zeigt auch, daß die Hauptzweige dieser Wissenschaft sich auf eine natürliche, der strengen Absonderung ganz unbewußte Weise gebildet haben. Die einfache Betrachtung der mannichfachen Gegenstände, die uns umgeben, ließ dieselben bald in leblose und belebte, und die letztern wieder in solche unterscheiden, die freiwillige Bewegung haben oder derselben entbehren, und somit war der Inhalt der Mineralogie, Zoologie und Botanik gegeben. Die Betrachtungsweise dieser Wissenschaften war so lange nur eine äußerliche, lediglich auf die Form gerichtete, bis diese Richtung erschöpft war, und ein tieferes Eingehen den Gegenstand nach einer neuen Seite verfolgte. Von diesem Augenblicke an beginnen auch neue Wissenschaften aus den genannten sich zu entwickeln. Die Zergliederung der Thiere und Pflanzen, die Anatomie, mag noch der blos formalen Richtung zuzurechnen sein; allein die Frage nach den Lebenserscheinungen, nach dem wunderbaren Stoffwechsel im Thier- und Pflanzenkörper läßt sich durch Messer und Lupe nicht mehr beantworten. Hier sammelte sich nun eine Fülle von Thatsachen als Inhalt einer neuen Wissenschaft, der Physiologie.

Auch der Mineralog hatte sich allmählich in der äußern Betrachtung seines Gegenstandes erschöpft. Nachdem er die Krystallform, Härte und Dichte seines Minerals hinreichend kennen gelernt hatte, suchte er demselben neue Seiten des Charakters abzugewinnen — er prüfte sein Verhalten gegen andere Stoffe. Allein sogleich zeigte es sich, daß hiermit die Mineralogie eine Grenze erreicht hatte, denn der Gegenstand ihrer Untersuchung, das Mineral, verschwand unter den Händen des Experimentators. Ebenso wie das Blut und der Zellsaft der zerlegten Thiere und Pflanzen sich der zoologischen und botanischen Diagnose entziehen, ist ein geglühtes oder in Säure aufgelöstes Mineral nicht weiter mineralogisch bestimmbar und wir sind hier abermals am Ausgangspunkte einer neuen Wissenschaft angekommen.

Ein Gesichtskreis von bei weitem größerer Ausdehnung eröffnete sich aber der Naturforschung, als sie ihren Blick nicht lediglich auf bestimmte Formen richtete, unter welchen die Materie als Mi-

neral, Pflanze und Thier sich darstellt, sondern indem sie diejenigen Erscheinungen verfolgte, welche an der Materie überhaupt sich darstellen.

Wir betreten hier zunächst das Gebiet des Physikers, dessen Auge nicht allein an der Erdscholle haftet, sondern in jenen Raum sich erhebt, aus welchem Myriaden von Welten zu uns herüberfunkeln und woher uns das wunderbare Licht und die wohlthuende Wärme zustrahlen. Die große Ausdehnung, in welcher die Erscheinungen dem Physiker sich darstellen, erklärt, wie er früh auf die mathematische Bestimmung geführt werden mußte, und in der That finden wir von jeher die großen Mathematiker und Physiker in Einer Person vereinigt.

Mit der strengen Consequenz der mathematischen Methode verfolgt der Physiker eine jede Erscheinung durch das ganze seiner Beobachtung zugängliche Gebiet. Ihm entgeht die Verzögerung des Lichts beim Durchgange der Trabanten des Jupiter ebenso wenig als das bunte Farbenspiel, welches es im Flügel der kleinsten Mücke hervorruft. Die Gesetze jener gegenseitigen Anziehung, welche Welten unsichtbar aneinander kettet und auseinander hält, verfolgt er im Kreislauf der Planeten, in der Bewegung des der Schleuder entfliehenden Steins, in der Curve des ausfließenden Wasserstrahls und im Aufsteigen der Flüssigkeiten in den Haarröhrchen. Er berechnet die vom ungeheuern Erdkörper ausgestrahlte Wärme und bestimmt den Wärmeverlust, welchen der Körper des Menschen, ja selbst eines kleinen Insekts durch Ausstrahlung verliert.

Dieser kosmische Charakter der Physik unterscheidet ihr Gebiet leicht von den Gebieten der früher genannten naturwissenschaftlichen Zweige.

Bei genauer Verfolgung der allgemein auftretenden Naturerscheinungen läßt sich jedoch bald ein zweifacher Verlauf derselben nachweisen. Bei einer ganzen Reihe derselben finden wir, daß die Gegenstände, an welchen Erscheinungen sich darstellen, weder im Verlaufe noch infolge derselben irgendeine nachweisbare Veränderung erleiden. Aus Tausenden von Fällen mögen die folgenden dienen, um dies in auffallender Weise zu zeigen.

Wenn wir einen Gegenstand nacheinander durch Gläser von verschiedener Gestalt betrachten, so nehmen wir höchst wunderbar abweichende Erscheinungen wahr. Nehmen wir zu dem Versuche zuerst ein Fensterglas mit parallelen Flächen, so stellt der Gegenstand sich ebenso dar, als ob er mit bloßen Augen betrachtet werde. Dagegen zeigt uns ein linsenförmiges Glas jenen Gegenstand näher und größer; durch ein vertieftes Glas sieht man ihn ferner und kleiner; und endlich ein dreikantiges Glas, ein Prisma, läßt ihn sowol von seinem Orte verrückt, als auch mit prachtvollen Farbenrändern umgeben erscheinen. Diese Erscheinungen lassen sich beliebig oft wiederholen, ohne daß wir an den Gläsern selbst, oder an dem durch sie beobachteten Gegenstande die mindeste Veränderung wahrnehmen. Ebenso können wir dem Harzkuchen und der Glasscheibe Millionen elektrischer Funken entziehen, der Glocke und der Orgelpfeife unzählige Töne entlocken, ohne eine bemerkliche Veränderung an diesen Gegenständen wahrzunehmen. Das Barometer und das Thermometer — diese treuen und unermüdlichen Anzeiger veränderlicher Zustände — sie selbst erleiden durch ihren Dienst keinerlei Veränderung.

Wir bestimmen daher als Inhalt der Physik jene reiche Mannichfaltigkeit der Erscheinungen an der Körperwelt, insofern die Gegenstände der letztern dabei keine Veränderung erleiden. Denn nicht minder allgemein im Bereiche der Natur ist die zweite Reihe von Erscheinungen, deren gemeinsames Merkmal gerade darin besteht, daß der Körper, an welchem sie auftreten, einer so wesentlichen Veränderung unterliegt, daß er als solcher im Verlaufe der Erscheinung gänzlich verschwindet. Diese Erscheinungen sind es, welche den Inhalt der Chemie ausmachen und von welchen wir zur Erläuterung einige hier folgen lassen.

Was wird aus der ungeheuern Anzahl thierischer und pflanzlicher Gebilde, die jedes Jahr hervorbringt? Sie verwesen, vermodern, vergehen! Was wird aus den Millionen Centnern von Holz und Kohle, die wir jahraus jahrein dem Herde und Ofen übergeben? Sie werden von der Flamme verzehrt, und ein kleines Häuflein Asche ist alles, was uns von dem kostbaren Material übrig bleibt.

Setzen wir blankes Eisen und Kupfer der Luft und der Feuchtigkeit aus, so überdeckt alsbald ein brauner Rost das erste und ein grüner Ueberzug das zweite dieser Metalle. So oft wir diese farbigen Schichten von den Metallen hinwegnehmen, so oft bilden sie sich von neuem, bis endlich keine Spur von Eisen und Kupfer mehr sichtbar ist.

Die Kreide, deren Eigenschaften wir als bekannt voraussetzen dürfen, wird als Mineral aus Brüchen gewonnen, wo sie seit Jahrtausenden unverändert gelagert sein mochte. Glühen wir ein Stückchen Kreide einige Zeit lang in lebhaftem Feuer, so hat es, nachdem es erkaltet ist, Eigenschaften angenommen, die es als Kreide gar nicht mehr erkennen lassen. Denn mit einigen Tropfen Wassers benetzt, bläht es sich zischend auf, erhitzt sich und zerfällt augenblicklich zu einem weißen, mehlartigen Pulver. Wir nennen dies gelöschten oder ätzenden Kalk, denn es hat jetzt einen beißenden Geschmack und zerstört Haut, Wolle und Farbe. Rührt man jedoch den gebrannten Kalk mit etwas Wasser zu Brei an und setzt diesen einige Tage der Luft aus, so erhärtet diese Masse und verliert zugleich ihre ätzende Eigenschaft vollständig, eine Erfahrung, die am Mörtel unserer Maurer leicht gemacht werden kann.

Wir könnten noch Tausende von Beispielen anführen, wenn die gegebenen nicht bereits genügten, um auf eine Reihe von Naturerscheinungen hinzuweisen, deren gemeinschaftlicher Charakter die wesentliche Veränderung der Materie ist.

Wir bedienen uns des Ausdrucks „wesentliche Veränderung", um sie von manchen Erscheinungen zu unterscheiden, bei welchen allerdings auch eine gewisse Veränderung der Materie wahrzunehmen ist. Ein und derselbe Zuckersirup kann durch verschiedene Behandlungsweise sowol in der Form von Candis als auch in der von Melis erhalten werden. Metalle werden beim Erhitzen rothglühend und weißglühend; Wasser wird durch Aufnahme von Wärme in einen luftförmigen Körper, nämlich in Dampf, und durch Wärmeentziehung in einen festen Körper, in Eis, übergeführt. Sobald jedoch in den genannten Fällen die ursprüngliche Temperatur wiederhergestellt wird, so erscheinen diese Gegenstände wieder unver-

ändert mit ihren ursprünglichen Eigenschaften. Es wird hier nur vorübergehend der Zustand der Materie geändert, nicht das Wesentliche derselben.

Es erscheint somit die Chemie als die Wissenschaft derjenigen Naturerscheinungen, bei welchen eine wesentliche Veränderung der Gegenstände stattfindet, an denen die Erscheinungen wahrgenommen werden oder die zur Hervorbringung derselben dienen.

Indem wir es nun versuchen, die Chemie in ihren Grundzügen und wichtigsten Erscheinungen darzustellen, entsteht die Frage, welche Methode hierfür als die zweckmäßigste sich bietet.

Die Naturwissenschaften sind ganz insbesondere auf die inductive Methode hingewiesen, die beobachtend von Thatsache zu Thatsache fortschreitet und so von selbst aus der Nothwendigkeit der Erscheinung das Gesetz und die Theorie derselben entwickelt. Die dogmatische Methode dagegen gibt dem Lernenden sogleich den allgemeinen Ausdruck der bereits festgestellten Erscheinungen, als Gesetz oder Theorie, und gibt hinterher die Begründung an den erforderlichen Beispielen.

Wollten wir hier mit vollster Consequenz den Weg der Induction verfolgen, stets vom Bekannten zum Unbekannten fortschreitend, so würden wir nur auf großem Umwege dem Ziele näher kommen. Bei aller Sorgfalt würden doch nicht selten Ausdrücke gebraucht werden, für welche der skeptische Schüler eine Erklärung verlangen dürfte, sodaß Erklärungen in Erklärungen sich schachteln müßten, und, endlich am Ziele angekommen, würde der Faden verloren sein, der zum Ausgangspunkt zurückführen soll.

Es ist eben ein Glück für Lehrer und Lernende jeder Art, daß der Schüler, wie wenig entwickelt er immer sei, doch bereits eine gewisse Anzahl von Vorstellungen und Begriffen mitbringt; und das Geschick des Lehrers hat sich darin zu zeigen, daß es die rechten Anknüpfungspunkte aufzufinden und zu benutzen weiß.

Wir werden im Verlaufe unserer Darstellung die beiden Methoden anwenden, wie es gerade für die Behandlung der einzelnen Theile am zweckmäßigsten erscheint, und verlangen dabei insofern

Vertrauen in die Autorität des Vortragenden, daß er nur solche Gesetze und Grundsätze aufstellen werde, die durch die mühevollsten und gewissenhaftesten Forschungen wiederholt dazu erhoben worden sind.

2. Physikalische und chemische Eigenschaften der Körper; Materie, Schwerkraft, Gewicht; specifisches Gewicht, die Wage und ihre Bedeutung.

Der Physiker und der Chemiker werden einen und denselben Körper einer sehr verschiedenen Betrachtung unterwerfen. Den Physiker wird vor allem die Ausdehnung, die Form und das Gewicht dieses Körpers interessiren, er wird ferner untersuchen, wie sich derselbe in Beziehung auf Wärme, Licht, Elektricität und Magnetismus verhält; er wird alles dieses genau feststellen und beschreiben und somit eine sehr bestimmte äußere Charakteristik des Körpers geben. Hiermit ist die Arbeit des Physikers gethan.

Man muß nicht glauben, daß nun der Chemiker diese mühe- und verdienstvolle Arbeit des Physikers unbeachtet lasse. Im Gegentheil, er legt derselben einen sehr hohen Werth bei, denn durch sie ist jene Reihe von wichtigen Eigenschaften des Körpers festgestellt worden, welche man die *physikalischen* Eigenschaften desselben nennt und deren Bestimmung stets der chemischen Betrachtung vorausgegangen ist. Die Physik ist älter als die Chemie.

Indem der Chemiker jetzt den gegebenen Körper in Betrachtung nimmt, gelangt er ebenfalls zu einer Reihe von Eigenschaften, die jedoch ganz anderer Art sind wie die physikalischen. Denn der Chemiker ist nicht bemüht nur die Eigenschaften festzustellen, welche der Körper an und für sich hat, sondern er will die Veränderungen kennen lernen, welche jener Körper erleidet, wenn verschiedene Kräfte und Stoffe auf denselben einwirken. So gelangt er zu den *chemischen* Eigenschaften des Körpers und wir werden auf die Art und Weise näher zurückkommen, in welcher er die Untersuchung führt.

Für jetzt wollen wir nun hervorheben, welche große Bedeutung

das Gewicht eines Körpers für den Chemiker hat und zugleich einige verwandte physikalische Begriffe erläutern, die zum Verständniß des Nachfolgenden nothwendig sind.

Materie wird das Raumerfüllende, Undurchdringliche genannt, ohne Rücksicht auf die Größe seiner Ausdehnung und weitere Eigenschaften. Ein Sandkorn erfüllt einen gewissen Raum, es ist ein Theil der Materie. Die Erdkugel, die einen größern Raum einnimmt, ist ein größerer Theil der Materie. Die Materie des Mondes nimmt einen funfzigmal kleinern Raum ein als die der Erde, während die Materie der Sonne ausreichen würde zur Anfertigung von nahezu anderthalb Millionen Bällen von der Größe unserer Erde.

Irgendein beliebiger Theil der Materie wird ein Körper oder ein Gegenstand genannt. So sind die Himmelskörper einzelne Massen der Materie, die frei im Raume schweben, und wie außerordentlich die Größe derselben auch erscheinen mag — im unendlichen Weltraume sind sie gleich den wirbelnden Stäubchen im Sonnenstrahle.

Eine Grundeigenschaft der Materie ist die von ihr ausgehende Anziehungskraft, welche Schwerkraft oder Gravitation genannt wird. Zwischen verschiedenen Massen von Materie findet daher ein Verhältniß gegenseitiger Anziehung statt. Die Erde wirkt in dieser Weise auf den Mond und nimmt ihn mit als Begleiter auf ihrem Wege um die Sonne, und der Mond seinerseits übt eine Anziehung gegen die Erde, stark genug, um die Wogen des Meeres zu gewissen Zeiten als Flut zu erheben. Diese Gegenseitigkeit der von allen im Weltraume zerstreuten Himmelskörpern ausgehenden Anziehung ist der Grund, weshalb wir kein Zusammenballen aller Materie in eine einzige Masse erwarten dürfen; denn wenn ein Körper von mehreren Kräften nach verschiedenen Richtungen angezogen wird, so kann der Fall eintreten, daß die Wirkung dieser Kräfte sich gegenseitig aufhebt, und es folgt hieraus ein Zustand des Gleichgewichts, der keinem Weltkörper gestattet, aus der ihm angewiesenen Bahn zu weichen.

Die von einem Körper ausgeübte Anziehung ist um so größer, je bedeutender die Masse desselben oder je geringer die Entfernung ist,

aus welcher er auf einen andern wirkt. Denken wir uns z. B. einen Gegenstand in der Mitte zwischen Erde und Mond befindlich, so wirkt auf ihn gleichzeitig die Anziehung dieser zwei Körper. Jener Gegenstand wird jedoch der anziehenden Kraft der Erde folgen, da diese als ein funfzigmal größerer Körper eine ebenso vielmal stärkere Anziehung ausübt. Befände sich jedoch derselbe Gegenstand nur einen Erdhalbmesser weit vom Monde entfernt, so würde dessen Anziehung überwiegen, weil in dieser größern Entfernung die Schwerkraft der Erde beträchtlich geringer ist. Indem man sich von einer Masse entfernt, nimmt die Wirkung der von ihr ausgehenden Anziehungskraft in einem rasch steigenden Verhältnisse ab.

Die Bewohner der Erde sind durch die von ihrer Masse ausgehende Anziehung so fest in ihr Bereich gebannt, daß gar keine Möglichkeit vorliegt, irgendeinen Versuch anzustellen, der nicht unter dem ganzen Einflusse der Schwerkraft stattfände. Das Fallen der nicht unterstützten Körper — die nach dem Erdmittelpunkte hinweisende Richtung des Bleiloths — der Druck, den ein Körper auf seine Unterlage ausübt und den wir das Gewicht dieses Körpers nennen: alle diese tagtäglichen Erscheinungen sind Offenbarungen der Schwerkraft. Dieselbe ist hierdurch ein wichtiges Mittel zur Beurtheilung der Masse eines Körpers und jeder an derselben etwa stattfindenden Zu- oder Abnahme. Die Wage ist bekanntlich das Instrument, durch welches wir diese Bestimmung der Quantität vornehmen, und als eins der ersten und wichtigsten Grundgesetze ist hier auszusprechen, daß ein und derselbe Körper, unter übrigens gleichen Umständen, unabänderlich ein bestimmtes, sich gleichbleibendes Gewicht hat. So z. B. wiegt ein Kubikcentimeter Wasser, bei 4° C. gewogen, stets genau ein Gramm.

Wenn man die Gewichte eines gleichen Rauminhalts verschiedener Körper vergleicht, so erhält man höchst auffallende Unterschiede. Es ergibt sich, daß ein Kubikcentimeter Schwefel (Fig. 1) 2 Gramm wiegt, und daß ebenso große Würfel von Eisen 7 Gramm, von Blei 11 Gramm, von Gold 19 Gramm wiegen, während anderer-

Fig. 1.

seits ein Kubikcentimeter von Weingeist nur $^7/_{10}$ Gramm und von Luft gar nur $^1/_{770}$ Gramm wiegt. Man schließt aus diesem verschiedenen eigenthümlichen oder *specifischen Gewichte* der Körper, daß ein und derselbe Raum durch sehr ungleiche Massen von Materie erfüllt sein kann, daß es Körper von großer und geringer *Dichte* gibt.

Für den Chemiker ist die Berücksichtigung des Gewichts der Körper insofern von größter Wichtigkeit, als eine jede chemische Erscheinung von Veränderungen im Gewichte der dabei betheiligten Körper begleitet ist.

Wenn ein Loth Eisen, der feuchten Luft ausgesetzt, nach einiger Zeit durch und durch als eine Masse von Rost erscheint, so beträgt deren Gewicht jetzt $1^1/_3$ Loth. Wir schließen, daß im Verlaufe dieser Erscheinungen irgendeine Materie zu der des Eisens hinzugekommen sein muß. Wird dagegen, wie schon früher beschrieben wurde, ein Loth Kreide heftig geglüht, so wiegt das nach dem Erkalten Bleibende nur noch etwas über ein halbes Loth. Es ist hier also eine Materie entfernt worden, deren Abwesenheit zugleich als Grund der jetzt so gänzlich veränderten Eigenschaften des gebrannten Kalks erscheint. Indem wir ein Loth Kohle verbrennen, wird eine eigenthümliche Luftart, die Kohlensäure, erhalten, deren Gewicht über drei Loth beträgt.

Man sieht, daß hier sogleich Fragen von großer Bedeutung angeregt werden, nämlich bei Gewichtszunahmen des in Betrachtung genommenen Stoffs drängt es uns, zu wissen, was ist das Hinzugetretene, und woher kommt es? Bei Abnahme des Gewichts verfolgen wir das Ausgeschiedene, wir suchen zu erfahren, was es ist und was aus demselben wird.

Die chemischen Erscheinungen sind nicht von jeher mit Bezugnahme auf das Gewicht der betheiligten Körper beobachtet worden. Man wußte schon lange, daß Eisen an der Luft in Rost übergeht und daß man wieder Eisen erhält, wenn Rost mit Kohle zusammen geglüht wird. Allein daß im erstern Falle eine Zunahme und im letztern eine Gewichtsabnahme stattfindet, war lange gänzlich unberücksichtigt geblieben. Erst von dem Augenblicke an, als diese

Vorgänge mit der Wage begleitet und hierdurch die Fragen über das Woher und Wohin angeregt und erörtert wurden, näherte man sich der richtigen Erkenntniß dieser chemischen Erscheinungen.

Die Einführung der Wage war einer der oben erwähnten bedeutungsvollen Schritte für die Entwickelung der wissenschaftlichen Chemie, und dieselbe ist seitdem die höchste und wichtigste Instanz in den chemischen Untersuchungen geworden: der Ausspruch ihrer Zunge gibt den Ausschlag in allen Processen. Von dem Augenblicke an, wo die Chemie im Verfolge ihrer Laufbahn in das Zeichen der Wage getreten war, hatte sie den sichern Boden festbegründeter Thatsachen erreicht, es war als ob eine unsichtbare Stimme ihr zugerufen hätte: „In hoc signo vinces!"

3. Das Gebiet der chemischen Beobachtung.

So sehen wir Raumerfüllung, Undurchdringlichkeit und Schwere als allgemeine Eigenschaft der Materie durch das ganze Weltall verbreitet. Fragen wir jedoch nach der nähern Beschaffenheit, nach der Qualität der Materie, aus welcher die Myriaden von Himmelskörpern bestehen, so sind wir hierüber in vollständiger Ungewißheit, selbst bei dem uns nächsten derselben, bei dem Monde.

Daß eine Atmosphäre manchen jener Himmelskörper fehlt, daß die Mehrzahl derselben selbständig Licht entwickelt, daß die mittlere Dichte der Planetenmaterie nicht sehr verschieden ist von der der Erde — dies ist ziemlich alles, was wir von der Beschaffenheit der außerirdischen Materie wissen.

Woher die auffallende Farbenverschiedenheit der Sterne und der öfter eintretende Farbenwechsel mancher derselben rührt, was der Lichtdunst der Kometen ist, darüber sind kaum Vermuthungen auszusprechen.

Wir werden daher zur nähern Erforschung der Eigenschaften der Materie aus den ungemessenen Welträumen zurück auf das Bereich unserer Erde gewiesen, und gegenüber der kosmischen Bedeutung der Physik und Astronomie erhält hierdurch die Chemie einen specifisch tellurischen Charakter.

Die Erde mit der ihr zugehörigen Atmosphäre ist als ein für sich abgegrenzter Theil der Materie zu betrachten, der weder an Masse noch an Beschaffenheit, weder an Quantität noch an Qualität eine nachweisbare Veränderung erleidet. Räumen wir ein, daß bei der raschen Umdrehung der Erde und ihrer großen Geschwindigkeit von vier Meilen in einer Secunde auch nur das kleinste Theilchen der Luft sich von ihr abreißen und in den Weltraum sich verlieren könnte, so würden wir längst aller Atmosphäre entbehren. Der Erdball, mit seiner Lufthülle zu verschiedenen Zeiten gewogen, würde keine Verminderung und keine Zunahme seines Gewichts erkennen lassen. Zwar fallen von Zeit zu Zeit meteorische Massen von nicht unbeträchtlicher Anzahl und Schwere zur Erde, allein ihre Substanz gehörte wahrscheinlich schon vorher dem Bereiche ihrer Anziehungskraft, der Atmosphäre, an.

Wenn wir uns daher eine nähere Untersuchung der Erdmaterie zur Aufgabe machen, so darf uns der Grundsatz leiten, daß dieselbe ein abgeschlossenes Inventarium ist, zu welchem nicht plötzlich etwas Neues hinzukommen und aus welchem ebenso wenig auch nur das Mindeste spurlos verschwinden kann. Es entsteht hierdurch für unsere Versuche die Beruhigung, daß dieselben nicht durch plötzlich vom Himmel fallende, gänzlich neue Stoffe verwirrt werden können, während wir andererseits im Stande sind, die Erdmaterie in allen ihren wechselnden Zuständen und Gestaltungen zu verfolgen und zu controliren.

Die Verfolgung dieser Aufgabe ist dem Menschen nur innerhalb großer Beschränkung gestattet. In das Bereich der Atmosphäre kann er sich kaum eine Meile hoch erheben, was als der neunte Theil ihrer ganzen Höhe geschätzt wird. Allein die große Beweglichkeit der Luft gibt die Gewißheit ihrer gleichförmigen Mischung, und die Untersuchung derselben läßt sich als eine so ziemlich abgeschlossene ansehen.

Nicht minder schwierig ist die Verfolgung der Materie nach der entgegengesetzten Richtung, nach der Tiefe. Zwar setzt hier die bewegliche Masse des Meeres einen geringern Widerstand entgegen und bietet ebenfalls eine ziemliche Gleichförmigkeit der Mi-

ſchung dar; allein das Eindringen in die feſte Erde iſt dafür mit um ſo größerer Mühe verknüpft. 14 bis 1700 Fuß unter der Ebene des Meeresſpiegels wird die größte Tiefe ſein, bis zu welcher die gewinnſuchende Hand des Bergmanns mit Schachten eingedrungen iſt. Die Wärme der aus tieferer Gegend aufſteigenden Quellen, ſowie die Glut der aus dem Innern brechenden vulkaniſchen Ströme laſſen jedoch auf einen feurig-flüſſigen Zuſtand des Erdkerns mit ſolcher Sicherheit ſchließen, daß hierdurch ſchon jeder Gedanke an eine Durchbohrung deſſelben abgeſchnitten erſcheint.

So bleibt denn hauptſächlich als dritte Richtung unſerer Unterſuchung die Ausbreitung derſelben über die Erdoberfläche, und die Raſtloſigkeit und Unermüdlichkeit des Menſchen hat die unglaublichſten Schwierigkeiten und Gefahren überwunden, um dieſes Feld nach allen Richtungen hin zu durchſuchen, freilich zunächſt nicht mit den Blicken des Naturforſchers. Nehmen wir die ſtarren Eisregionen des Südpols und einige innere Gebiete ſchwer zugänglicher Continente, beſonders Afrikas aus, ſo dürfen wir die Erdoberfläche als ein im allgemeinen ziemlich erſchöpftes Material der Unterſuchung anſehen. Ueberraſchende Thatſachen, vergleichbar den Entdeckungen des 15. und 16. Jahrhunderts, laſſen ſich nicht einmal in untergeordnetem Maßſtabe wieder erwarten.

Nachdem wir in dem Vorhergehenden das Gebiet bezeichnet haben, innerhalb deſſen dem Menſchen die Erdmaterie zugänglich iſt, ſo läßt ſchon der erſte Blick die Verſchiedenartigkeit derſelben erkennen. Form, Farbe, Dichtigkeit, Geruch und Geſchmack, kurz das ganze Reſultat der Einwirkung auf unſere Sinne zeigt eine faſt unendliche Mannichfaltigkeit der Gegenſtände und ergibt ſogleich das Bedürfniß der Eintheilung und Unterſcheidung. Das Organiſche wird als Pflanzen- und als Thierreich von dem Unorganiſchen getrennt; das letztere finden wir ſchon in dem Alterthume in die Elemente von Feuer, Waſſer, Luft und Erde geſchieden. Daß jedoch eine Eintheilung der Materie in ſtarre, flüſſige und luftförmige nur eine ganz relative Bedeutung habe, mußte ſich bald aus der nähern Beobachtung ergeben. Dieſe zeigt, daß lediglich durch den Einfluß der Wärme jene Eigenſchaften der Ma-

terie bestimmt werden, daß z. B. Wasser oder Schwefel fest, flüssig oder luftförmig sein können, je nach der ihnen verliehenen Temperatur. Festigkeit, Flüssigkeit und Luftform werden daher nicht als absolute Grundeigenschaft der Materie, sondern nur als relative Zustände derselben angenommen.

4. Die chemische Untersuchung; Gemenge, Gemische; zusammengesetzte Körper; chemische Verbindung; Trennung der Bestandtheile (Analyse), Zusammensetzung der Bestandtheile (Synthese); chemische Präparate.

Alle Arbeiten des Chemikers sind darauf gerichtet, an dem Körper, welchen er zum Gegenstand seiner Untersuchung gewählt hat, eine möglichst große Reihe von Veränderungen hervorzubringen, indem er denselben verschiedenartigen Einwirkungen aussetzt. Wir wollen nachher einige chemische Versuche näher verfolgen, müssen jedoch zuvor die Grundsätze ein wenig erläutern, von welchen der Chemiker bei der Auswahl des Stoffs geleitet wird, den er seiner Untersuchung zu unterwerfen gedenkt. Die Natur bietet uns im Mineral-, Pflanzen- und Thierreich eine so unendliche Fülle von Stoffen, daß es scheint, man brauche nur das erste beste ihrer Producte herauszugreifen und in Betracht zu nehmen. Allein man wird leicht einsehen, daß hierbei einige Umsicht erforderlich ist. Auch ohne chemische Kenntnisse wird ein aufmerksamer Beobachter finden, daß die meisten von der Natur uns unmittelbar gebotenen Gegenstände ein Gemenge oder Gemische von verschiedenartigen Stoffen sind, was sich theils auf den ersten Blick durch das Auge, theils durch den Geschmack und Geruch erkennen läßt. Es versteht sich von selbst, daß der Chemiker seine Versuche nicht mit einem Gemenge verschiedener Stoffe anstellen wird. Die alsdann auftretenden Erscheinungen würden gemischt sein aus den Eigenschaften verschiedener Körper und eine klare Einsicht würde auf diesem Wege nicht gewonnen werden. Jeder chemischen Untersuchung geht daher eine möglichst sorgfältige Prüfung über die Reinheit des zu untersuchenden Stoffs vorher, man sucht sich über die ungemischte Individualität desselben alle Gewißheit zu verschaffen, die

sich mit den äußern Mitteln der Beobachtung erreichen läßt. Eine Menge unserer technischen Operationen haben als Zweck die Trennung von in der Natur vorkommenden Gemengen oder Zusammenhäufungen.

Wenn der Bergmann die Erze aus taubem Gestein bricht, und der gierige Goldwäscher Californiens den schweren Goldstaub ausschlemmt, wenn der Hammer des Mineralogen die verschiedenen Felsarten aus den Gesteinsmassen eines Gebirges schlägt und die krystallisirten Minerale aussondert, so sind dies mechanische Trennungen verschiedenartiger Gegenstände. Ebenso trennen wir die Faser des Flachses und Hanfes vom Holze des Stengels, die Lohrinde vom Stamme, die Körner des Getreides, den Rebensaft, den Zuckersaft, das Fett der Thiere auf mechanische Weise von den Stoffen, welchen sie beigesellt waren.

Während die genannten als grobe mechanische Operationen zu bezeichnen sind, ist es dem Anatomen sowol im Thier- als im Pflanzenreiche gelungen, mit Hülfe seiner Instrumente und von Vergrößerungsgläsern, welche den Blick um das Tausendfache verschärfen, höchst genaue mechanische Trennungen vorzunehmen. Es ist auf diese Weise der Pflanzenkörper in eine ganze Reihe von Bestandtheilen zerlegt worden, wie Holzfaser oder Zellgewebe, Stärke, Eiweiß, Blattgrün, Zellsaft, Oele, Harze u. s. w. Aus dem Thierkörper wurden Muskelfaser, Knochenmasse, Knorpel, Nervenmasse, Haut, Horn und Haare, Fett, Blut, Lymphe, Speichel, Magensaft und Galle u. s. w. als verschiedene Theile desselben getrennt.

Allein hiermit ist eine Grenze erreicht worden, wo die Untersuchung auf mechanischem Wege keine weitere Trennung zu bewerkstelligen vermag. Wäre sie das einzige uns zu Gebote stehende Verfahren, so würden alle die oben genannten Stoffe als reine Grundstoffe angesehen werden müssen. Eine Pflanzenzelle, ein thierisches Häutchen, ein Krystall von Kalkspath, beliebig auf das feinste zertheilt und durch das beste Vergrößerungsglas betrachtet, lassen ebenso wenig verschiedene Theilchen in ihrer Masse erkennen, als dies bei einem Tropfen von reinem Wasser der Fall ist. Man

scheint hier wirklich an dem Punkte angelangt, welchen der Dichter bezeichnet, da er sagt:

Geheimnißvoll am lichten Tag,
Läßt sich Natur des Schleiers nicht berauben,
Und was sie deinem Geist nicht offenbaren mag,
Das zwingst du ihr nicht ab mit Hebeln und mit Schrauben.

Der Chemiker ist dagegen der Ansicht, daß jetzt der Punkt erreicht ist, wo seine Thätigkeit beginnt, und er läßt sich daher aus der mechanischen Voruntersuchung den Inquirenten übergeben, der dort alles weitere Eindringen in sein Inneres hartnäckig verweigerte. Mit ganz andern und höchst eindringlichen Mitteln schreitet der Chemiker gegen das zu untersuchende Individuum vor, und es hat allerdings der nun eröffnete chemische Proceß insofern Aehnlichkeit mit dem alten peinlichen Verfahren, als der Chemiker kein Mittel scheut, um den Körper zur Antwort zu bringen, und als dieser unrettbar verloren ist, wenn er zum Geständniß gebracht wird, denn er ist vernichtet in dem Augenblicke, wo er den Untersuchungsmitteln erliegt.

Der Krystall von Kalkspath, den wir mechanisch nicht zerlegen können, vom Chemiker in eine Säure gelegt, entwickelt sogleich eine Menge von Luftbläschen: er gibt zu erkennen, daß er dieselben in sich verschlossen hielt; allein zugleich löst er sich in der Säure auf und ist verschwunden.

Es ist aus dem soeben Ausgeführten begreiflich, daß der Chemiker stets eine möglichst sorgfältige mechanische Untersuchung und Trennung der chemischen vorausgehen läßt. Er wird nicht ohne weiteres ein Stück Granit in den Tiegel oder in die Retorte werfen und seinen Agentien aussetzen, sondern vorerst die Glimmerblättchen, die Körnchen von Quarz und von Feldspath trennen, aus welchen der Granit gemengt ist, und erst diese chemisch untersuchen.

Gesetzt nun, wir hätten uns einen für chemische Versuche recht geeigneten Körper ausgewählt, nämlich ein Stück Kreide, von welcher bereits Seite 11 die Rede war und die äußerlich betrachtet so durchaus gleichartig erscheint, daß man nicht denken sollte, es

seien verschiedene Stoffe in derselben enthalten. Aber wenn 50 Loth von dieser Kreide lebhaft und anhaltend geglüht werden, so hat die nach dem Erkalten gewogene Masse nur noch ein Gewicht von 28 Loth. Es muß also während des Glühens ein Stoff aus der Kreide entfernt worden sein, dessen Gewicht 22 Loth beträgt. Auch muß die Anwesenheit dieses Stoffs wesentlich sein für die Eigenschaften der Kreide, denn nach seiner Entfernung erscheinen diese gänzlich verändert, indem die zurückbleibende Masse, sobald sie mit Wasser übergossen wird, sich erhitzt, aufbläht und zu einem weißen Pulver zerfällt, kurz alle Eigenschaften zeigt, die wir beim Löschen des Kalkes wahrzunehmen pflegen. Es ist nun gewiß interessant zu erfahren, was für ein Stoff es war, der aus der Kreide entfernt wurde, und wohin derselbe gekommen ist. Aber auch bei genauester Beobachtung nimmt man keinen Stoff wahr, der während des Glühens von der Kreide sich lostrennt, sodaß die Vermuthung nahe liegt, der sich entfernende Körper müsse unsichtbar sein wie die Luft. Diese Vermuthung läßt sich in der That bestätigen, denn wenn man ein Stück Kreide mit Essig übergießt, so kommen eine Menge von Luftbläschen zum Vorschein, welche die Kreide verlassen und in die Höhe steigen. Auch noch ein anderer Beweis läßt sich führen. Wenn man nämlich jenen 28 Loth wiegenden Rückstand nach dem Glühen mit etwas Wasser zu einem weißen Brei verrührt und diesen längere Zeit an der freien Luft stehen läßt, so erhärtet derselbe allmählich vollständig. Man läßt ihn in gelinder Wärme ganz austrocknen und findet, daß er jetzt wieder 50 Loth wiegt wie ursprünglich. Folglich wurde hier ein luftförmiger Körper aus der Luft wieder aufgenommen.

In allen Fällen nun, wo es uns gelingt nachzuweisen, daß in einem scheinbar gleichartigen Körper mehrere verschiedene Stoffe enthalten waren und wo zugleich die Eigenschaften des untersuchten Gegenstandes eine wesentliche Veränderung erleiden, hatten wir es mit Stoffen, die *chemisch miteinander verbunden* waren, mit einer sogenannten *chemischen Verbindung* zu thun. Die Stoffe, in welche dieselbe getrennt wird, nennt man die *chemischen Bestandtheile* dieser Verbindung.

Im obigen Beispiele ist die Kreide eine chemische Verbindung, bestehend aus einem festen Körper, der Kalk heißt und der bei dem Glühen übrig bleibt, und aus einem luftförmigen Körper, der Kohlensäure heißt und beim Glühen in die Luft entweicht.

Es wird gut sein, wenn wir noch einige solcher chemischen Versuche anstellen, und wir wollen hierzu Stoffe wählen, die möglichst bekannt sind.

Wir nehmen 16 Loth fein gepulverten Schwefel und vermischen denselben in einer Reibschale von Porzellan mit 100 Loth Quecksilber durch anhaltendes Reiben. Das Gemenge nimmt allmählich eine kohlschwarze Farbe an, wir bringen es jetzt in einen irdenen Krug, der davon nicht zur Hälfte angefüllt wird und verschließen dessen Oeffnung mit einem Stöpsel aus Kreide. Dieses Gefäß wird in einen eisernen Kessel gestellt, ringsum mit Sand umgeben, sodaß nur der obere Theil hervorragt, und alsdann die ganze Vorrichtung über Feuer gesetzt und längere Zeit lebhaft erhitzt. Anfänglich sieht man aus der Fuge der Oeffnung eine blaue Flamme hervorkommen, daher rührend, daß ein kleiner Theil des Schwefels verbrennt. Nachdem die Operation beendigt und alles erkaltet ist, zerschlägt man vorsichtig den Krug. Ein überraschendes Resultat bietet sich dem Auge dar; auf dem Boden des Gefäßes ist nichts mehr sichtbar, dagegen findet man in seinem obern Theile, um die Mündung eine dunkel purpurrothe bis schwarze, strahlig glänzende Masse anhängend, die, wenn sie fein zerrieben wird, eine prachtvolle rothe Farbe darstellt. Das Gewicht dieses Products beträgt 116 Loth.

Es ist hier eine chemische Verbindung zu Stande gekommen, welche Zinnober genannt wird, eine bekannte Malerfarbe. Die Bestandtheile derselben sind Schwefel und Quecksilber. Man kann jedoch mit dem allerbesten Mikroskop im Zinnober weder das Quecksilber noch den Schwefel unterscheiden. Es muß also eine ganz eigenthümliche, höchst innige Vereinigung derselben stattgefunden haben. Dennoch ist es gar nicht schwierig diese Bestandtheile wieder voneinander zu trennen. Wenn ich in einer gläsernen Retorte 116 Loth Zinnober mit 28 Loth feiner Eisenfeile vermische und das

Gemenge erhitze, so kommen alsbald eine Menge von kleinen Quecksilberkügelchen zum Vorschein. Indem ich sie auffammele und wiege, finde ich, daß ihr Gewicht 100 Loth beträgt; ich habe also wieder die ganze Queckſilbermenge erhalten, die zur Bildung des Zinnobers verwendet worden war. Statt der 28 Loth Eisen finde ich in der Retorte eine schwarze Masse, welche 44 Loth wiegt, indem sich die 16 Loth des im Zinnober enthaltenen Schwefels jetzt chemisch mit dem Eisen verbunden haben. Diese Verbindung heißt Schwefeleisen.

Als drittes Beispiel diene mir eine Jugenderinnerung. Unter der Linde auf dem Marktplatze meines Geburtsortes ließ sich von Zeit zu Zeit ein wandernder Zinngießer nieder. Wir Kinder bildeten stets einen Kreis ebenso eifriger als aufmerksamer Zuschauer um seine improvisirte Werkstätte. In der That, es war höchst anziehend zu sehen, wie allerlei erhandeltes altes Zinngeräth zusammengebogen und in den Schmelzlöffel geworfen, allmählich zusammensank und floß und endlich als hellblinkender Strahl in die Form gegossen wurde. Aus dieser kamen dann die silberglänzenden Löffel oder Teller heraus und das Abdrehen der letztern war wieder eine sehr unterhaltende Erscheinung. Bei diesem Zinnschmelzen konnte es mich dann jedesmal verdrießen, wenn von Zeit zu Zeit die schöne silberglänzende Fläche des Metalls sich trübte und mit einer Art von Haut überzog, gerade als ob etwas Schmuziges aus dem Zinn sich abgesondert hätte. Auch nahm der Zinngießer diese Haut, so oft sie sich gebildet hatte, mit einem kleinen eisernen Löffel hinweg, etwa wie die Rahmhaut entfernt wird, die beim Kochen der Milch diese überzieht. Es wunderte mich nur, daß der Zinngießer die graue, pulverige Masse, die er auf diese Weise abgezogen hatte, nicht fortwarf, sondern sie in einen ledernen Sack that, der an dem Drehstuhl angenagelt war. Eines Tages wurde ich aber Zeuge einer ganz unerwarteten Operation. Der Zinngießer schüttete den angesammelten Inhalt jenes Sackes in einen Tiegel, vermischte ihn mit feingeklopften Kohlen, von welchen überdies noch eine Schicht oben darauf gedeckt wurde und setzte die ganze Sache in ein lustiges Kohlenfeuer. Ich war begierig, was da werden sollte. Aber

wie groß war meine Ueberraschung, als nach einiger Zeit der Mann den Tiegel mit einer Zange heraushob und aus demselben einen hellschimmernden Strahl vom reinsten Zinn ausfließen ließ! Das schmuziggraue Pulver hatte also während des Erhitzens in Gesellschaft mit der Kohle sich wieder in metallisches Zinn verwandelt. Es war dies gewiß eine Erscheinung der Veränderung, eine chemische Erscheinung.

Wir wollen den eben beschriebenen Vorgang nach unserm jetzigen Wissen erklären. Sobald man Zinn längere Zeit an der Luft erhitzt, nimmt dasselbe einen Theil der Luft, welcher Sauerstoff genannt wird, auf und verbindet sich damit zu einem Körper, der von den Zinnarbeitern Zinnasche, von den Chemikern Zinnoxyd genannt wird. Würde man auf diese Weise 58 Loth Zinn erhitzen und die sich bildende Haut hinwegnehmen, so oft sie entsteht, so würde nach und nach sämmtliches Zinn in Zinnoxyd übergegangen sein und dabei 16 Loth Sauerstoff aufgenommen haben, denn das Gewicht der entstandenen Masse beträgt 74 Loth. Wird hierauf die Zinnasche mit Kohle vermengt ins Glühen gebracht, so tritt abermals eine chemische Erscheinung ein. Der Sauerstoff trennt sich von dem Zinn und vereinigt sich mit einem Theil der Kohle zu dem luftförmigen Körper, der Kohlensäure genannt wird, von welchem schon Seite 24 die Rede war. Metallisches Zinn bleibt zurück, sein Gewicht wird 58 Loth betragen.

Es ist nöthig, für den Leser hier die Bemerkung einzuschalten, daß es in den wenigsten Fällen gelingen wird, bei Ausführung der vorstehend beschriebenen chemischen Operationen mathematisch genau die angegebenen Zahlen in den Gewichten der Producte zu erhalten. Man wird sich denselben jedoch mehr oder weniger nähern. Diese Zahlen sind nämlich aus den Gesetzen der chemischen Verbindungsverhältnisse berechnet und geben die Gewichtsmengen an, die allerdings erhalten werden müßten, wenn wir im Stande wären, mit absoluter Genauigkeit zu arbeiten. Je mehr daher unser Resultat jenen Zahlen sich nähert, um so sorgfältiger und gelungener war das Experiment.

Alle Arbeiten und Versuche in dem Bereiche der Chemie sind,

ganz in der Weise wie in den oben gegebenen Beispielen gezeigt wurde, darauf gerichtet: entweder verschiedene Stoffe miteinander zu vereinigen, oder solche, die miteinander verbunden waren, zu trennen. Man sieht nun wol den Grund davon ein, daß als das Charakteristische der chemischen Erscheinungen die wesentliche Veränderung der betheiligten Körper bezeichnet wird. Werden zwei Stoffe chemisch miteinander verbunden, so büßen beide ihre seitherigen Eigenschaften ein und es entsteht ein Körper mit neuen Eigenschaften. Der Schwefel ist gelb, das Quecksilber weiß, metallglänzend: beide verbunden bilden den rothen Zinnober. Trennen wir dessen Bestandtheile, so kommen sie wieder mit ihren ursprünglichen Eigenschaften zum Vorschein.

Die Trennung chemisch verbundener Stoffe wird die chemische Zersetzung oder Zerlegung genannt; als chemische Analyse wird sie bezeichnet, wenn man dabei den Zweck hatte, auszumitteln, aus welchen Stoffen ein gegebener Körper bestehe. Zur vollsten Bestätigung derselben dient die Synthese, d. h. die Herstellung eines Körpers durch die Wiedervereinigung der Bestandtheile, in die man ihn zerlegt hatte.

Chemische Präparate oder Fabrikate sind die aus den chemischen Operationen hervorgegangenen Producte.

5. Die chemische Verwandtschaft, Affinität; einfache Stoffe oder chemische Elemente; Namen, Zahl und Zeichen der einfachen Stoffe.

Was ist der Grund der chemischen Verbindungen? Welches ist die Ursache, die bewirkt, daß zwei Körper sich in solch eigenthümlicher Weise miteinander vereinigen, daß sie nun gar nicht mehr zu unterscheiden sind, daß sie einen ganz neuen Körper mit veränderten Eigenschaften bilden?

Als die Grundursache einer jeden Naturerscheinung betrachten wir eine wirkende Kraft. Das Gewicht der Körper ist eine Wirkung der Schwerkraft.

Die Kraft, durch welche verschiedene Körper veranlaßt werden,

sich chemisch miteinander zu verbinden, wird die chemische Verwandtschaft oder Affinität genannt. Man stellt sich vor, daß allen Körpern diese Kraft einwohne, daß sie eine Art von gegenseitiger Anziehung sei, die bewirke, daß jene innige Verbindung zu Stande komme. Der Ausdruck „Verwandtschaft" im chemischen Sinne hat eine ganz andere Bedeutung als in der beschreibenden Naturwissenschaft, in der Botanik und Zoologie. In diesen bezeichnet die Verwandtschaft zweier Individuen, daß sie sich in ihren Merkmalen ähnlich sind; je größer die Uebereinstimmung, desto näher die Verwandtschaft. In der Chemie äußern gerade die einander ähnlichsten Stoffe zueinander die geringste Anziehung oder chemische Verwandtschaft; die innigsten Verbindungen finden dagegen zwischen den unähnlichsten Stoffen statt. Auch deutet die Sprache diese Unterschiede im Sinne der Verwandtschaft an. In der Botanik z. B. sagt man: die Individuen sind „mit" einander verwandt; in der Chemie: die Stoffe haben Verwandtschaft „zu" einander.

Es ist sehr auffallend, daß die verschiedenen Stoffe, die man bisjetzt kennen gelernt hat, sehr ungleiche Grade von Verwandtschaft zueinander äußern. Man sieht wol ein, wenn alle Stoffe, die auf unserer Erde sich vorfinden, gegeneinander eine gleich starke Anziehung ausüben würden, so müßten alle zusammen zu einer einzigen, gleichartigen Masse sich verbinden, wir würden alsdann gar keine verschiedenen Stoffe kennen, die Chemie wäre nicht vorhanden. Wir haben in der That vielfach Gelegenheit, diese ungleichen Grade der Verwandtschaft zu beobachten. Wird Zinn an der Luft erhitzt, so verbindet es sich mit dem Sauerstoff derselben (s. Seite 26) und bildet Zinnasche oder Zinnoxyd; Blei verhält sich ganz ähnlich. Aber Gold oder Silber kann man so lange erhitzen als man will, sie bleiben unverändert, sie haben also weniger Verwandtschaft zum Sauerstoff. Wenn man zu Zinnober, in welchem Schwefel und Quecksilber chemisch verbunden sind, Eisenfeile (s. S. 24) hinzufügt und erhitzt, so trennt sich der Schwefel von dem Quecksilber und verbindet sich mit dem Eisen. Wir schließen daraus, daß der Schwefel eine größere Verwandtschaft zu Eisen als zu Quecksilber habe. Die Chemie kennt Tausende solcher Bei-

spiele; das Spiel der Verwandtschaften ruft zahllose Erscheinungen hervor. Der zuweilen gebrauchte Ausdruck „Wahlverwandtschaft" ist wol daher entstanden, daß man den Stoffen gleichsam eine Wahl, eine Neigung zutraute, indem sie sich von dem einen trennen und mit dem andern verbinden, wie oben vom Schwefel gezeigt wurde. Allein die unbelebte Materie folgt keiner Wahl, sondern einem Gesetze; solche Ausdrücke sind daher ungeeignet und nur in bildlichem Sinne zulässig. Bis jetzt kennt man noch gar keinen Grund dafür, daß dieser Körper eine kräftige Verwandtschaft gegen viele Stoffe äußert, während jener nur geringe Grade der Verwandtschaft zeigt; alles was wir in dieser Beziehung wissen, ist nur der Erfahrung entnommen.

Es ist hier wol der Ort, die Frage aufzuwerfen: Unter welchen Umständen äußert sich denn die chemische Verwandtschaft; was ist zu thun, um ihre Wirkungen hervortreten zu lassen; welche Mittel hat man, um ihre Thätigkeit aufzuheben oder dieselbe in veränderter Richtung angreifen zu lassen?

Eine ausgiebigere Beantwortung dieser Fragen ist dann nur mit Erfolg zu versuchen, wenn uns bereits die Kenntniß zahlreicher chemischer Processe zu Gebote steht, die wir als Beleg und Beispiel benutzen können. Einige Andeutungen hierüber werden sich jedoch auch im voraus schon nützlich erweisen.

Vor allem ist es nothwendig, die Vorstellung recht fest im Auge zu behalten, daß eine jede chemische Erscheinung stets das Resultat einer Summe verschiedener, mitbestimmender Kräfte und Einflüsse ist; wir sind gewöhnt, davon meist nur eine, die gewissermaßen vorherrscht und den Sieg davonträgt, als Trägerin der Erscheinung aufzufassen und zu bezeichnen. Schwere, Cohäsion, Adhäsion, Wärme, Licht, Elektricität, endlich die chemische Verwandtschaft: alle wirken gleichzeitig, und jede an den Tag tretende chemische Erscheinung ist die resultirende, die mittlere aus der Gesammtwirkung jener Momente.

Infolge dessen sind die Grundregeln über die Aeußerung der chemischen Verwandtschaft sehr beschränkt, es lassen sich kaum irgend allgemeine Bestimmungen aufstellen, nach welchen der Anfänger die

Resultate eines chemischen Conflicts im voraus entwickeln kann; auch hierin sind wir ganz auf die Erfahrung hingewiesen.

So viel steht indessen fest und kann als Gesetz ausgesprochen werden: Die chemische Verwandtschaft erstreckt ihre Anziehung nur auf die kleinste Entfernung; die Stoffe können daher nur dann chemisch aufeinander einwirken, wenn sie sich unmittelbar berühren. Ein unmeßbar dünner Ueberzug von Fett oder Firniß kann schon hinreichen, um Metalle vor dem oxydirenden Einfluß des Sauerstoffs der Luft zu schützen.

Ferner: Wenn Stoffe chemisch verbunden sind, so verbleiben sie in diesem Zustande, bis eine von außen wirkende Ursache denselben aufhebt und die verbundenen Theile trennt.

Endlich: Da die chemische Verbindung der Stoffe jedenfalls in einer höchst innigen gegenseitigen Durchdringung und bis in das kleinste ihrer Theile gehenden Anlagerung derselben besteht, so wird im allgemeinen das Zustandekommen der chemischen Verbindungen begünstigt, wenn die Theile der aufeinander wirkenden Stoffe beweglich sind, also wenn man flüssige oder luftförmige Körper aufeinander einwirken läßt.

Man wird daher zwei Stoffe, die chemisch aufeinander wirken sollen, in unmittelbare Berührung bringen, man wird beide oder wenigstens einen derselben in flüssigen oder luftförmigen Zustand versetzen, entweder durch Lösungsmittel oder durch die Wärme. In diesem Sinne wird von dem Wasser und von der Wärme die ausgedehnteste Anwendung gemacht. Allein bei manchen gasförmigen Körpern scheint eine zweckdienliche Beweglichkeit der Theile insofern überschritten zu sein, als die Theile derselben gegenseitig in so großen Abständen sich befinden, daß die chemische Anziehung ihre Wirkung nicht mehr zu äußern vermag. Hier erweist sich umgekehrt eine Verdichtung, z. B. durch Zusammendrückung der Gase, zur Einleitung der Verbindung förderlich, indem sie die Theile einander näher rückt.

In einigen Fällen ist die Einwirkung hinzutretender Agentien bei chemischen Vorgängen ganz räthselhaft. Geringe Erschütterungen, also rein mechanische Einwirkungen, reichen unter Umständen hin, eine Verbindung einzuleiten oder die Zersetzung einer solchen zu veranlassen. Aehnlich wirkt das Sonnenlicht; nicht wenige Verbindungen, die beim Abschluß des Lichtes ganz unveränderlich sich zeigen, werden unter seinem Einflusse augenblicklich zersetzt. Die wunderbaren Erzeugnisse der Photographie beruhen ganz auf diesem Einfluß, der um so eigenthümlicher ist, als sich in der Wirkung von Sonnenlicht und Kerzenlicht, ja der verschiedenen Farben des Lichtes die größten Verschiedenheiten zeigen. Aber sowie die Einwirkung des Lichtes einerseits zersetzend ist, erzeugt sie andererseits auch Vereinigungen auf gleich unerklärliche Weise.

Der Einfluß der Elektricität auf chemische Verbindungen ist ein durchgreifender, auf alle Stoffe sich erstreckender. Es gibt keine chemische Verbindung, die bei fortgesetzter Einwirkung eines elektrischen Stroms unzersetzt bleibt. Es scheint als ob die beiden Arten der Elektricität, die an den Polen der elektrischen Apparate auftreten, mit unwiderstehlicher Gewalt die verbundenen Stoffe nach entgegengesetzter Richtung auseinander rissen. Aber nicht minder könnte man sagen, daß die Elektricität ein Hülfsmittel zur Herstellung chemischer Verbindungen sei, indem es genügt, einem Stoffe eine bestimmte Elektricität mitzutheilen, um seine Verbindung mit einem andern Stoffe einzuleiten, die ohne diese Mitwirkung nicht eingetreten wäre.

Am deutlichsten können wir uns noch von dem Einfluß der Wärme bei chemischen Processen eine Vorstellung machen. Denn einestheils vermindert dieselbe den Zusammenhang der Stoffe, der stets der chemischen Thätigkeit hemmend entgegenwirkt, und sie begünstigt dadurch in unzähligen Fällen das Zustandekommen chemischer Verbindungen; anderntheils dehnt die fortwährend gesteigerte Wärme die Körper immer mehr aus, sodaß endlich die durch Verwandtschaft zusammengehaltenen Theile sich voneinander losreißen und die chemische Verbindung zerfällt. Die Ausdehnungskraft hat alsdann die Verwandtschaft überwunden. Die Kohlensäure, welche

eine große Verwandtschaft zum Kalk hat, folgt in starker Glühhitze dem erhöhten Drang nach Ausdehnung und verläßt den Kalk.

So sind denn schon seit tausend und mehr Jahren unzählige chemische Beobachtungen gemacht und Experimente angestellt worden. Man hat alle möglichen Körper untersucht und analysirt, man wollte von jedem erfahren, was in ihm stecke. Dabei ist man denn zu dem höchst merkwürdigen Resultate gekommen, daß auf der Erde eine beträchtliche Anzahl von Körpern sich vorfindet, in welchen keinerlei verschiedene Stoffe sich nachweisen lassen, also Körper, die man weder durch die Analyse in verschiedene Stoffe zerlegen, noch durch die Synthese aus verschiedenen Stoffen zusammensetzen kann. Solche Körper wurden deshalb einfache Stoffe oder chemische Elemente genannt. Der Zinnober, den wir bereits mehrfach kennen lernten, ist demnach gewiß kein einfacher Stoff, denn wir können ihn ja zusammensetzen und zerlegen; aber der Schwefel ist ein einfacher Körper, ein chemisches Element, denn es gelingt durchaus nicht zu zeigen, daß in demselben verschiedene Stoffe vereinigt sind. Welche unsagliche Mühe hat man sich jahrhundertelang gegeben, um Gold zu machen, es aus andern Stoffen zusammenzusetzen. Alles vergebens — denn das Gold ist ein einfacher, unzerlegbarer Stoff.

Solcher einfachen Stoffe hat man bisjetzt sechzig aufgefunden. Einem jeden derselben haben die Chemiker außer seinem Namen noch ein chemisches Zeichen gegeben, meistens aus dem Anfangsbuchstaben des deutschen, bei einigen des lateinischen Namens bestehend. Da mehrere dieser einfachen Stoffe ihren Namen mit dem gleichen Buchstaben anfangen, so wurde zur Unterscheidung noch ein kleiner Buchstabe desselben Wortes beigefügt. Es folgen nun die Namen aller einfachen Stoffe mit ihren Zeichen.

1. Aluminium, Al.; 2. Antimon oder Stibium, Sb.; 3. Arsen, As.; 4. Barium, Ba.; 5. Beryllium, Be.; 6. Blei oder Plumbum, Pb.; 7. Bor, B.; 8. Brom, Br.; 9. Calcium, Ca.; 10. Cerium, Ce.; 11. Chlor, Cl.; 12. Chrom, Cr.; 13. Didym, D.; 14. Eisen oder Ferrum, Fe.; 15. Erbium, E.; 16. Fluor, Fl.; 17. Gold oder Aurum, Au.; 18. Iridium, Ir.; 19. Jod, I.;

20. Kadmium, Cd.; 21. Kalium, K.; 22. Kiesel oder Silicium, Si.; 23. Kobalt, Co.; 24. Kohlenstoff oder Carbonium, C.; 25. Kupfer oder Cuprum, Cu.; 26. Lanthan, La.; 27. Lithium, Li.; 28. Mangan, Mn.; 29. Magnesium, Mg.; 30. Molybdän, Mo.; 31. Natrium, Na.; 32. Nickel, Ni.; 33. Niobium, Nb.; 34. Osmium, Os.; 35. Palladium, Pd.; 36. Phosphor, P.; 37. Platin, Pt.; 38. Quecksilber oder Hydrargyrum, Hg.; 39. Rhodium, Rh.; 40. Ruthenium, Ru.; 41. Sauerstoff oder Oxygenium, O.; 42. Schwefel, S.; 43. Selen, Se.; 44. Silber oder Argentum, Ag.; 45. Stickstoff oder Nitrogenium, N.; 46. Strontium, Sr.; 47. Tantal, Ta.; 48. Tellur, Te.; 49. Terbium, Tb.; 50. Thorium, Th.; 51. Titan, Ti.; 52. Uran, U.; 53. Vanad, V.; 54. Wasserstoff oder Hydrogenium, H.; 55. Wismuth oder Bismuthum, Bi.; 56. Wolfram, W.; 57. Yttrium, Y.; 58. Zinn oder Stannum, Sn.; 59. Zink, Z.; 60. Zirkonium, Zr.

Vor kurzem noch fand man in den Lehrbüchern 64 einfache Körper aufgezählt, allein neuere genaue Untersuchungen haben gezeigt, daß vier derselben, welche die Namen Pelopium, Ilmenium, Norium und Donarium erhalten hatten, mit einigen von den obengenannten verwechselt worden waren.

Die chemischen Zeichen gewähren große Vortheile, indem sie in der Bezeichnung der chemischen Verbindungen viele Abkürzungen gestatten. So z. B. bedeutet S den Schwefel, Hg ist Quecksilber; setzt man nun beide Zeichen nebeneinander, also HgS, so versteht man darunter die chemische Verbindung von Quecksilber mit Schwefel, den Zinnober.

6. Die Gewichtsverhältnisse, in welchen die einfachen Stoffe sich untereinander verbinden, oder die chemischen Aequivalente.

Es wurde in einem frühern Abschnitt (S. 15 fg.) bereits angedeutet, von welch großer Bedeutung die Wage für die Chemie geworden ist. Es erscheint uns heutzutage beinahe unbegreiflich, wie man Jahrhunderte lang eine Menge von chemischen Versuchen anstellen konnte, denen man eine Reihe werthvoller Thatsachen zu

verdanken hat, ohne daran zu denken, die dabei auftretenden Erscheinungen mit der Wage zu verfolgen und zu controliren. Man begnügte sich damit, alle chemischen Processe und ihre Producte nach den rein äußerlichen Erscheinungen und Eigenschaften zu beurtheilen, es war dies die Periode der qualitativen Chemie, an deren Stelle seit Zuziehung der Wage als erster gesetzgebenden Macht in diesem Zweig der Naturwissenschaft die quantitative Chemie getreten ist.

Welcher unvollkommenen Beurtheilungsweise und daraus hervorgehenden falschen Schlüssen und Vorstellungen eine blos qualitative Chemie ausgesetzt ist, läßt sich leicht an einem der von uns früher beschriebenen chemischen Versuche nachweisen. Wird Kreide geglüht, so verändert sich vollständig ihre Qualität; man erhält ätzenden, die Haut und die Haare zerstörenden Kalk (S. 11, 23). Obgleich wir das Entweichen der bei dem Brennen desselben sich entfernenden Kohlensäure mit den Augen nicht sehen können, so belehrt uns doch die Wage, daß hier ein Bestandtheil einer chemischen Verbindung ausgeschieden wird und der nachher so bedeutend veränderte chemische Charakter des Rückstandes erscheint dadurch genügend erklärt. Die alte Chemie, welche solche Gewichtsveränderungen entweder gar nicht kannte oder sie als etwas Unwesentliches unbeachtet ließ, war nicht selten genöthigt ganz andere Gründe aufzusuchen, um solche auffallende Veränderungen zu erklären. Es würde ganz in ihrem Sinne sein, wenn wir die Umwandelung der Kreide in ätzenden Kalk etwa damit erklären wollten, „daß beim Glühen einiges von der Feuermaterie in die Kreide hineingefahren sei, sich darin festgesetzt und ihr vordem mildes Wesen in ein brennendes und fressendes umgewandelt habe".

Verfolgt man jedoch eine Reihe von chemischen Processen sorgfältig mit der Wage in der Hand, so ergeben sich alsbald einige Gesetze, die, wie einfach sie lauten, von der höchsten Wichtigkeit sind und die Grundlage, den Dreh- und Angelpunkt der ganzen wissenschaftlichen Chemie ausmachen.

Wir wollen diese Gesetze aus Thatsachen entwickeln.

Wenn ich 116 Loth Zinnober in seine Bestandtheile zerlege,

so erhalte ich aus demselben 100 Loth Queckſilber und 16 Loth Schwefel; zerlege ich 37 Loth Zinnober, so finde ich, daß darin 31,8 Loth Queckſilber und 5,2 Loth Schwefel enthalten waren. Diese letztern Zahlen verhalten sich aber zueinander genau wie 100 zu 16. Kurz, wenn ich irgendeine beliebige Menge Zinnober untersuche, so finde ich, daß stets Queckſilber und Schwefel desſelben dem Gewichte nach sich verhalten wie 100 zu 16. Es könnte zwar doch der Fall eintreten, daß ein anderes Zahlenverhältniß gefunden wird. Allein alsdann hatte man sicher keinen reinen Zinnober unter den Händen, dann war er vielleicht mit einer andern rothen Farbe, wie Mennige oder Ziegelmehl verfälscht, man wird diesen fremden Stoff auffinden, ihn entfernen und dann gewiß finden, daß der Zinnober auf 100 Gewichtstheile Queckſilber jedesmal 16 Gewichtstheile Schwefel enthalte.

Ei, das ist kein Wunder, wird hier ein aufmerksamer Leser ausrufen. Seite 24 steht ja ausdrücklich, daß der Zinnober fabricirt wird, indem man 100 Loth Queckſilber mit 16 Loth Schwefel chemisch verbindet; folglich ist es ganz begreiflich, daß man stets dasselbe Verhältniß findet.

Ganz richtig; allein warum nimmt man denn zur Bereitung des Zinnobers gerade 100 Gewichtstheile Queckſilber und 16 Gewichtstheile Schwefel? Warum z. B. nimmt man nicht etwas mehr Schwefel, der doch bei weitem wohlfeiler ist als Queckſilber? Probiren wir doch einmal, was sich herausstellt, wenn wir auf 100 Loth Queckſilber mehr Schwefel, etwa 24 nehmen. In diesem Falle verbinden sich mit dem Queckſilber nicht mehr als 16 von jenen 24 Loth Schwefel; die übrigen 8 Loth verflüchtigen sich oder verbrennen, und sind reiner Verlust. Aehnlich würde es sein, wenn man die Menge des Queckſilbers vermehren wollte; auch hier würde die chemische Verbindung genau im Verhältniß von 100 zu 16 stattfinden; der Ueberschuß des Queckſilbers würde unnützerweise in die Luft sich verlieren.

Wir sind somit wohlberechtigt, diese festgestellte Thatsache als ein Gesetz auszusprechen und zwar in folgender Weise:

„Queckſilber und Schwefel verbinden sich chemisch mit-

einander in dem unabänderlichen Verhältniß von 100 Gewichtstheilen Queckſilber auf 16 Gewichtstheile Schwefel."

Dieſes Geſetz erhält jedoch ſogleich einen viel allgemeinern Ausdruck, wenn wir hinzufügen, daß auch alle übrigen einfachen Stoffe, ſobald ſie ſich chemiſch miteinander verbinden, dieſes in beſtimmten Gewichtsverhältniſſen thun; 58 Loth Zinn nehmen beim Erhitzen an der Luft niemals mehr oder weniger als 16 Loth Sauerſtoff auf, um damit Zinnoxyd zu bilden. Das Waſſer, dieſer allbekannte Körper, iſt eine Verbindung von 8 Gewichtstheilen Sauerſtoff mit 1 Gewichtstheil Waſſerſtoff; niemals wird man finden, daß reines Waſſer eine andere Zuſammenſetzung hat. In zahlloſen Beiſpielen hat man dieſe Geſetzmäßigkeit feſtgeſtellt, und wir verkünden daher als erſtes chemiſches Grundgeſetz:

„Die einfachen Stoffe verbinden ſich untereinander in feſten, unabänderlichen Gewichtsverhältniſſen."

Wir gehen über zur Erörterung einer weitern Thatſache, die bereits (S. 24) angeführt worden iſt. Dort heißt es: „Wenn ich 116 Loth Zinnober mit 28 Loth Eiſen vermiſche und erhitze, ſo werden 100 Loth Queckſilber abgeſchieden und die mit demſelben vereinigt geweſenen 16 Loth Schwefel verbinden ſich jetzt mit den 28 Loth Eiſen zu 44 Loth Schwefeleiſen."

Wohlgemerkt, das Auffallende hierbei iſt, daß bei vorſtehender Zerſetzung an die Stelle von 100 Loth Queckſilber nicht ebenfalls 100 Loth Eiſen treten, ſondern nur 28 Loth des letztern ſind erforderlich, um die faſt viermal ſo große Queckſilbermenge zu erſetzen, um mit 16 Loth Schwefel zu Schwefeleiſen ſich zu verbinden. In Beziehung auf die chemiſche Anziehungskraft von 16 Loth Schwefel haben 28 Loth Eiſen denſelben Werth, wie 100 Loth Queckſilber, denn ſie binden dieſelbe Menge von Schwefel; vorſtehende Gewichtsmengen beider Metalle ſind daher einander gleichwerthig oder äquivalent. Ermittelt man wie viel von einem andern Metalle erforderlich iſt, um 16 Gewichtstheile Schwefel in chemiſche Verbindung zu bringen, ſo findet man, daß z. B. für Blei 103 Gewichtstheile die hierzu erforderliche oder äquivalente Menge iſt.

Ganz entsprechende Verhältnisse wollen wir auch in Beziehung auf ein anderes Element nachweisen, nämlich auf den Sauerstoff, in seinen Verbindungen mit dem Blei, dem Queckſilber und dem Waſſerſtoff:

Gewichtstheile.	Gewichtstheile.	Gewichtstheile.
Blei..... 103	Queckſilber..... 100	Waſſerſtoff..... 1
Sauerſtoff..... 8	Sauerſtoff..... 8	Sauerſtoff..... 8
a) Bleioxyd..... 111	b) Queckſilberoxyd... 108	c) Waſſer..... 9.

Es läßt ſich jedoch aus den hier betheiligten einfachen Stoffen eine andere Reihe von chemiſchen Verbindungen darſtellen, indem man einen Wechſel ihrer Gruppirung bewerkſtelligt. Die Beſchreibung der hierzu erforderlichen Operationen würde zu weit führen; es genügt zu bemerken, daß z. B. Schwefel ſowol mit Waſſerſtoff als auch mit Blei oder Queckſilber ſich verbinden kann. Man hat ſolche Verbindungen analyſirt und die folgende Zuſammenſetzung derſelben gefunden:

Gewichtstheile.	Gewichtstheile.	Gewichtstheile.
Blei..... 103	Queckſilber..... 100	Waſſerſtoff..... 1
Schwefel..... 16	Schwefel..... 16	Schwefel..... 16
d) Schwefelblei..... 119	e) Schwefelqueckſilber oder Zinnober 116	f) Schwefelwaſſerſtoff 17.

Es fällt hier die merkwürdige Thatſache in die Augen, daß Blei, Queckſilber und Waſſerſtoff genau in denſelben gegenſeitigen Gewichtsverhältniſſen von 103, 100, 1 mit Schwefel verbunden erſcheinen, in welchen ſie vorher mit Sauerſtoff verbunden waren. Vergleichen wir nämlich die Reihe der Sauerſtoffverbindungen (a, b, c) mit jener der Schwefelverbindungen (d, e, f)), ſo beſteht zwiſchen beiden nur der Unterſchied, daß in der letzten Reihe je 16 Gewichtstheile Schwefel an die Stelle von je 8 Gewichtstheilen Sauerſtoff getreten ſind und dieſen erſetzt haben. Es erweiſen ſich alſo in Beziehung auf die Fähigkeit, andere einfache Stoffe in chemiſche Verbindung zu bringen, je 16 Gewichtstheile Schwefel, *gleichwerthig* mit je 8 Gewichtstheilen Sauerſtoff. Man hat daher die Zahlen, welche die Gewichtsverhältniſſe ausdrücken, in denen einfache Stoffe ſich untereinander verbinden, chemiſche Aequivalenten-

zahlen, oder kurz „die Aequivalente" derselben genannt, abgeleitet von aequus, gleich, und valor, Werth.

Nehmen wir nun einen neuen, seither nicht genannten Stoff, das Chlor. Sein Aequivalent sei uns gänzlich unbekannt. Man analysirt eine Verbindung des Chlors, z. B. die mit Quecksilber und findet die folgende Zusammensetzung:

	Gewichtstheile.
Quecksilber	100
Chlor	35
g) Chlorquecksilber	135.

Vergleicht man diese Zusammensetzung mit der des Zinnobers (e), so ergibt es sich, daß 35 Gewichtstheile Chlor das Aequivalent für 16 Gewichtstheile Schwefel sind. Es ist somit auch bekannt, in welchem Gewichtsverhältniß das Chlor mit den übrigen der obengenannten Stoffe sich verbindet, und ohne daß eine Analyse gemacht worden ist, kann mit Sicherheit vorhergesagt werden, daß je 35 Gewichtstheile Chlor sich mit je 103 Gewichtstheilen Blei, 1 Wasserstoff, 8 Sauerstoff und 16 Schwefel verbinden werden. Die Erfahrung bestätigt dieses vollkommen.

Man hat nun aus unzähligen, mit der größten Sorgfalt von den verschiedensten Chemikern übereinstimmend ausgeführten Analysen die Verbindungsverhältnisse aller einfachen Stoffe ermittelt.

Um jedoch die Werthe der dabei erhaltenen Zahlen untereinander vergleichbar zu machen, war es nothwendig, irgendeins der 60 Elemente als Einheit zu setzen und zu zeigen, wie viel Gewichtstheile von jedem der andern Elemente mit der Einheit sich verbinden. Man ist übereingekommen, den Wasserstoff als diese Einheit anzunehmen; sein Aequivalent ist daher gleich 1.

Unter Beziehung auf diese chemischen Aequivalente erhielten nun auch die chemischen Zeichen eine erweiterte, wichtige Bedeutung, indem geradezu der Werth der Aequivalente auf dieselben übertragen wurde. Das Zeichen S bedeutet demnach nicht blos den einfachen Stoff Schwefel, sondern 16 Gewichtstheile Schwefel; überall wo ich das Zeichen O in einem chemischen Buche erblicke, habe ich nicht nur das Element Sauerstoff mir vorzu-

stellen, sondern 8 Gewichtstheile dieses Körpers und so mit allen übrigen Zeichen, welche daher in der nachfolgenden Uebersicht nochmals mit ihren Werthen und Namen zusammengestellt sind:

Aluminium	Al	= 13,7	Kalium	K	= 39	Sauerstoff	O	= 8
Antimon	Sb	=120,3	Kiesel	Si	= 21	Schwefel	S	= 16
Arsen	As	= 75	Kobalt	Co	= 29,5	Selen	Se	= 39,5
Barium	Ba	= 68,5	Kohlenstoff	C	= 6	Silber	Ag	=108
Beryllium	Be	= 4,7	Kupfer	Cu	= 31,7	Stickstoff	N	= 14
Blei	Pb	=103,7	Lanthan	La	= 47	Strontium	Sr	= 43,8
Bor	B	= 10,9	Lithium	Li	= 7	Tantal	Ta	= 68,8
Brom	Br	= 80	Magnesium	Mg	= 12	Tellur	Te	= 64
Calcium	Ca	= 20	Mangan	Mn	= 27,6	Terbium	Tb	= ?
Cerium	Ce	= 47	Molybdän	Mo	= 48	Thorium	Th	= 59,6
Chlor	Cl	= 35,5	Natrium	Na	= 29,6	Titan	Ti	= 25
Chrom	Cr	= 26,7	Nickel	Ni	= 29,6	Uran	U	= 60
Didym	D	= 48	Niobium	Nb	= ?	Vanad	V	= 68,6
Eisen	Fe	= 28	Osmium	Os	= 99,6	Wasserstoff	H	= 1
Erbium	E	= ?	Palladium	Pd	= 53	Wismuth	Bi	=280
Fluor	Fl	= 19	Phosphor	P	= 31	Wolfram	W	= 92
Gold	A	=197	Platin	Pt	= 98,7	Yttrium	Y	= ?
Jod	I	=127	Quecksilber	Hg	=100	Zink	Zn	= 32,6
Iridium	Ir	= 99	Rhodium	Rh	= 52,2	Zinn	Sn	= 58
Kadmium	Cd	= 56	Ruthenium	Ru	= 52,2	Zirkonium	Zr	= 22,4

7. Die chemischen Verbindungen; ihre Formeln und Aequivalente; ihre Eigenschaften und Eintheilung; Gesetz der Multiplen.

Wenn von 60 Elementen je eins mit allen übrigen sich chemisch zu verbinden vermag, so entsteht dadurch eine außerordentlich große Anzahl von chemischen Verbindungen. Allein die Zahl und Mannichfaltigkeit dieser wird noch erhöht dadurch, daß nicht nur zwei einfache Stoffe, sondern auch drei, vier und mehr derselben sich miteinander vereinigen und eine chemische Verbindung bilden können. Man unterscheidet daher binäre, ternäre, quaternäre, quinternäre u. s. w. chemische Verbindungen, je nachdem dieselben aus zwei, drei, vier oder fünf Elementen bestehen. Doch sind Verbindungen, die mehr als fünf einfache Stoffe enthalten, verhältnißmäßig selten.

Die einfachen Stoffe behalten, indem sie sich miteinander verbinden, ihre chemischen Verbindungswerthe, ihre Aequivalente unverändert bei. Das Aequivalent der aus denselben entstandenen Verbindung ist gleich der Summe der Aequivalente ihrer Bestandtheile. In der That kann eine chemische Verbindung sich mit einer andern Verbindung vereinigen und es geschieht dies ebenfalls in bestimmten, ihren Aequivalenten entsprechenden Gewichtsverhältnissen.

Durch das unmittelbare Zusammentreten von zwei oder mehr Elementen entstehen die Verbindungen erster Ordnung; aus der Vereinigung dieser gehen die Verbindungen zweiter Ordnung hervor; nur in wenigen Fällen treten Verbindungen zweiter Ordnung zusammen, um solche der dritten Ordnung zu bilden.

Allein noch bleibt uns übrig, eine weitere Eigenthümlichkeit zu besprechen, die bei Betrachtung der chemischen Verbindungen sich darbietet und die, wie wir später sehen werden, von der höchsten Wichtigkeit nicht allein für die chemische Theorie, sondern für die naturwissenschaftliche Grundanschauung vom Wesen der Materie ist.

Es ist früher (S. 36) gesagt worden, daß wenn zwei einfache Stoffe sich miteinander chemisch vereinigen, so geschehe dies in einem gegenseitig unabänderlich feststehenden Gewichtsverhältniß. Nun zeigt aber das fortgesetzte Studium der chemischen Verbindungen bald, daß es eine Menge von Fällen gibt, in welchen zwei Elemente in mehr als einem Gewichtsverhältnisse zusammentreten. Von zwei der bekanntesten Körper, dem Schwefel und dem Sauerstoff, hat man eine ganze Reihe von Verbindungen kennen gelernt, in welchen die Gewichtsverhältnisse der beiden Bestandtheile große Unterschiede darbieten. Es erscheint dies geradezu im Widerspruch mit dem so ausdrücklich hervorgehobenen chemischen Grundgesetz.

Allein wir werden sogleich zeigen, daß in solchen Fällen dieses Gesetz nur eine sehr wesentliche Erweiterung erhält, die dazu beiträgt, es noch mehr zu bestätigen.

Der chemischen Analyse verdanken wir die Kenntniß der Zusammensetzung der nachfolgenden Verbindungsreihe des Schwefels mit Sauerstoff. Es ist dabei eine sich stets gleichbleibende Gewichtsmenge von Schwefel angenommen und untersucht worden,

wie viel Sauerstoff mit derselben verbunden werden kann. Es wird von einer Verbindung ausgegangen, die man unterschweflige Säure nennt und in welcher ein Aequivalent Schwefel mit einem Aequivalent Sauerstoff vereinigt ist.

Namen der chemischen Verbindung.	Zusammensetzung derselben in Gewichtstheilen von:	
	Schwefel.	Sauerstoff.
1. Unterschweflige Säure	16	8
2. Schweflige Säure	16	16
3. Schwefelsäure.	16	24.

Gewiß für einen jeden ist hier der große Sprung auffallend in der Sauerstoffmenge von der ersten zur zweiten und von dieser zur dritten der genannten Verbindungsstufen. Indem zu der unterschwefligen Säure noch mehr Sauerstoff hinzutritt, entsteht nicht etwa eine Verbindung von 16 Schwefel, mit 9, 10 oder 11 u. s. w. Gewichtstheilen Sauerstoff, sondern es springt dessen Menge sogleich von 8 auf das Doppelte, nämlich 16, und bei der Schwefelsäure auf das Dreifache der Aequivalentenzahl, nämlich auf 24. Diese Sauerstoffmengen verhalten sich untereinander wie die Zahlen 1 : 2 : 3, sie sind Vielfache, Multipla, vom Aequivalent 8 des Sauerstoffs.

Daher wird denn auch das aus diesen und einer großen Anzahl weiterer ganz ähnlicher Thatsachen abgeleitete Gesetz als das Gesetz der Multiplen bezeichnet. Dasselbe läßt sich also ausdrücken.

Wenn in eine chemische Verbindung von zwei einfachen Stoffen noch weitere Mengen eines ihrer Bestandtheile eintreten und neue Verbindungen bilden können, so sind die hinzutretenden Mengen das Zweifache, Dreifache, überhaupt ein Mehrfaches (Multiplum) von der in jener Verbindung bereits vorhandenen Menge dieses Bestandtheils.

Wir haben in dem Vorhergehenden gezeigt, wie durch Vereinigung von zwei und mehr einfachen Stoffen, durch die Verbindungen höherer Ordnung und das Hinzutreten der Multiplen eine große Anzahl verschiedener chemischer Verbindungen entstehen können.

Dieselben bieten hinsichtlich ihrer Eigenschaften unzählige Unterschiede dar, sodaß unter den Tausenden nicht zwei aufzufinden sind, die in Farbe, Form, Dichte, Löslichkeit u. s. w. ganz übereinstimmen. Dagegen gibt es doch drei große Gruppen, in welche sich alle chemischen Verbindungen nach gewissen übereinstimmenden Merkmalen bringen lassen. Diese letztern sind der Geschmack, sowie das Verhalten gegen blaue, grüne und rothe Pflanzenfarben, und man unterscheidet sie hiernach in Säuren, Basen und in neutrale und indifferente Körper.

Als Säuren betrachtet man diejenigen chemischen Verbindungen, welche einen sauern Geschmack haben, und durch welche die blaue Farbe der Pflanzenstoffe in Roth verändert wird.

Basis oder Base wird dagegen eine solche Verbindung genannt, welche einen Laugengeschmack besitzt, und die in Berührung mit einer blauen Pflanzenfarbe diese in Grün verwandelt.

Säuren und Basen haben gegenseitig eine große Verwandtschaft zueinander. Sie vereinigen sich leicht zu Verbindungen, die Salze genannt werden, und welche weder saure noch basische Eigenschaften besitzen, weshalb man sie zu der dritten Klasse, zu den neutralen Körpern rechnet.

Nicht alle Säuren und Basen haben jene charakteristischen Eigenschaften in gleich stark ausgeprägtem Grade. Bei einigen Säuren geht der saure Geschmack bis in das Aetzende, sodaß sie innerlich und äußerlich als zerstörende Gifte wirken, wie dies bei der Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure der Fall ist. Andere Säuren haben dagegen einen angenehmen sauern Geschmack, ohne ätzend zu sein, wie die Citronensäure und Essigsäure, sodaß wir sie häufig an unsern Speisen verwenden. Bei manchen Säuren ist der Geschmack kaum merklich, wie bei der Kohlensäure, und die Kieselsäure ist ganz geschmacklos.

Die Basen bieten ganz ähnliche Erscheinungen dar. Während das Kali und Natron ätzend sind und selbst in sehr mit Wasser verdünnten Lösungen noch stark schmeckende Laugen darstellen, sind die Bittererde und Thonerde, das Eisenoxyd und viele andere ganz geschmacklos. Es erscheinen jedoch Basen und Säuren nur dann

geschmacklos, wenn sie in Wasser unauflöslich sind. In ihren löslichen Verbindungen tritt ihr Geschmack allerdings hervor, wie z. B. die geschmacklose Bittererde das bekannte Bittersalz bildet.

Man spricht daher von starken und von schwachen Säuren und Basen, je nachdem die genannten Eigenschaften mehr oder weniger auffallend hervortreten. Auch ist man gewöhnt, sich Säuren und Basen als Gegensätze, als Antagonisten zu denken, da ein durch Säure geröthetes Blau durch eine Basis wiederhergestellt wird, gleichwie das durch die Base erzeugte Grün durch eine Säure wieder in Blau übergeht, sodaß überhaupt diese beiden Klassen von Körpern, indem sie sich miteinander verbinden, ihre Eigenschaften gegenseitig abstumpfen.

Man kann sich des blauen Safts der Veilchen, der Schwertlilien oder auch des Rothkrautes bedienen, um Versuche über die saure, basische oder neutrale Beschaffenheit der Verbindungen darzustellen. Zur Vermeidung von Misverständnissen muß jedoch hervorgehoben werden, daß der Indigo als Pflanzenfarbe eine Ausnahme macht, indem sein kräftiges Blau weder durch Säuren noch Basen eine Veränderung erfährt.

Die Klasse der neutralen Körper äußert, wie bereits erwähnt wurde, keinen verändernden Einfluß auf die Pflanzenfarben; allein eine weitere Eigenthümlichkeit dieser Verbindungen ist, daß sie nur eine geringe Geneigtheit zeigen, weitere chemische Verbindungen einzugehen, sodaß sie in dieser Hinsicht den Säuren und Basen jedenfalls nachstehen. Während das neutrale Verhalten der Salze daher rührt, daß in denselben durch die chemische Verbindung von Säuren und Basen deren entgegengesetzte Eigenschaften eine Ausgleichung erhalten haben, gleichsam wie in der Addition positive und negative Werthe sich aufheben, existiren noch viele andere Verbindungen, die an und für sich neutral sich verhalten, ohne Salze zu sein. Zur Unterscheidung werden diese letztern „indifferente chemische Verbindungen“ genannt. Beispiele solcher sind das Wasser, der Zucker und der Weingeist.

Mit großem Vortheil können wir uns jetzt der chemischen Zeichen bedienen, um mehrfache Verhältnisse, die im Vorhergehenden

über die chemischen Verbindungen erörtert wurden, mehr in die Augen fallend darzustellen.

Wir erinnern uns, daß jene Zeichen, für sich allein gesetzt die chemischen Aequivalente der einfachen Stoffe vorstellen. Um vermittelst derselben eine chemische Verbindung zu bezeichnen, genügt es zwei oder mehrere Zeichen nebeneinander zu reihen. So ist z. B. Hg = 100 Gewichtstheilen Quecksilber; S = 8 Schwefel; HgS = 108 Gewichtstheilen Zinnober. Die Zusammenstellung dieser beiden Buchstaben HgS gibt uns sogleich die genaueste Bekanntschaft mit der Zusammensetzung des Zinnobers. Solche Darstellungen chemischer Verbindungen durch Anreihung der Zeichen werden chemische Formeln genannt.

Ganz in gleicher Weise verhält es sich mit den nachfolgenden binären Verbindungen: HO = Wasser; PbO = Bleioxyd; HgO = Queckfilberoxyd; SH = Schwefelwasserstoff; HgCe = Chlorqueckfilber; KO = Kali; CaO = Kalk u. s. w.

Sind mit einem Elemente mehrere Aequivalente eines zweiten vereinigt, so hängt man dem Zeichen des letztern rechts unter der Zeile eine kleine Zahl an, welche anzeigt, wie viel Aequivalente dieses Stoffs in der Verbindung vorhanden sind, z. B:

SO = Unterschweflige Säure = 1 Aeq. Schwefel + 1 Aeq. Sauerstoff,
SO_2 = Schweflige Säure = 1 " Schwefel + 2 " Sauerstoff,
SO_3 = Schwefelsäure = 1 " Schwefel + 3 " Sauerstoff.

Eine Zahl, welche einer chemischen Formel vorangesetzt wird, multiplicirt den ganzen nachfolgenden Ausdruck in allen seinen Theilen. $3\,SO_3$ = 3 Aeq. Schwefelsäure oder = 3 Aeq. Schwefel und 9 Aeq. Sauerstoff.

Verbindungen zweiter Ordnung werden bezeichnet, indem die Verbindung erster Ordnung, aus der sie bestehen, nebeneinander gereiht und durch ein eingeschaltetes Komma unterschieden werden. CaO,CO_2 = Verbindung von Kalk mit Kohlensäure; KO,SO_3 = Kali und Schwefelsäure; Al_2O_3,SO_3 = Thonerde, verbunden mit 3 Aeq. Schwefelsäure.

Beim Zusammentreten der Verbindungen zweiter Ordnung werden dieselben durch ein Pluszeichen + als Verbindungen dritter Ordnung vereinigt dargestellt.

$$KO,SO_3 + Al_2O_3,3\,SO_3 = \text{Alaun.}$$

Das nähere Eingehen auf vorstehende Formel sagt uns: daß dieses bekannte Salz vier einfache Stoffe enthält, folglich eine quaternäre Verbindung ist; daß seine nächsten Bestandtheile schwefelsaures Kali und schwefelsaure Thonerde sind; daß seine entferntern Bestandtheile Schwefelsäure, Kali und Thonerde sind; endlich, daß seine letzten oder Grundbestandtheile Kalium, Schwefel, Aluminium und Sauerstoff sind. Die Formel sagt uns ferner genau, in welchen Gewichtsverhältnissen diese Stoffe vorhanden sind.

Wir zählen darin:

1 Aeq. Kalium	= K		=	39
2 Aeq. Aluminium	= 2 Al	= 2 × 13,7	=	27
4 Aeq. Schwefel	= 4 S	= 4 × 16	=	64
16 Aeq. Sauerstoff	= 16 O	= 16 × 8	=	128
1 Aeq. Alaun			=	262.

In je 262 Gewichtstheilen Alaun sind also 39 Kalium, 27 Aluminium, 64 Schwefel und 128 Sauerstoff enthalten.

Man sieht, wie geringe Schwierigkeit es hat, mit Hülfe der Tafel (S. 39) eine jede chemische Formel in Worte und Zahlen umzusetzen, welche die quantitativen und qualitativen Verhältnisse der durch sie vorgestellten chemischen Verbindung ausdrücken.

8. Eintheilung der Chemie; unorganische und organische Verbindungen; Unterscheidung der einfachen Stoffe in Metalloide und Metalle; Ungleichheit ihres Vorkommens und ihrer Wichtigkeit.

Wir haben im vorhergehenden Abschnitte auf gewisse Unterschiede aufmerksam gemacht, welche die chemischen Verbindungen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Eigenschaften darbieten. Allein schon in früher Zeit hat man dieselben auch nach ihrem

Ursprung in mineralische, pflanzliche und thierische Verbindungen eingetheilt. Die alten Chemiker gingen dabei wol von der Ansicht aus, daß Stoffe, welche im Körper der Pflanzen und Thiere, also in organischen Wesen sich vorfinden, auf eine andere Weise gebildet sein möchten, als die in dem unbelebten unorganischen Bereiche sich vorfindenden oder daraus künstlich dargestellten chemischen Verbindungen. Man schrieb in früherer Zeit dem Organismus Fähigkeiten zu, die ans Wunderbare grenzten, man war geneigt, seine Producte als ihrem innersten Wesen nach im Gegensatz zu der unbelebten Materie zu betrachten. Wenn auch die voranschreitende Wissenschaft die Einheit aller chemischen Erscheinungen allmählich enthüllte, so ist nichtsdestoweniger diese alte Unterscheidung bis auf den heutigen Tag beibehalten worden, und man theilt ihr ganzes Gebiet ein in die unorganische Chemie, welche von den einfachen Stoffen, von den im Mineralreich sich findenden und den daraus bereiteten chemischen Verbindungen handelt, und in die organische Chemie, welche diejenigen Stoffe begreift, die im Pflanzen- und Thierkörper fertig gebildet vorkommen und aus denselben abgeleitet werden. Man behält diese beiden Abtheilungen bei, weil bei aller Gemeingültigkeit der chemischen Grundgesetze die organischen Verbindungen ihrem Charakter nach doch wol sich unterscheiden lassen von den unorganischen. Ueberdies kommt hierzu der Vortheil, das ungeheuere Gebiet der chemischen Thatsachen in zwei Gruppen zu sondern und so dem Studium derselben eine zweckmäßige Theilung der Arbeit zu gewähren.

Wie sehr auch verschiedene Lehrbücher der Chemie in untergeordneten Dingen voneinander abweichen mögen, in der Hauptsache befolgen alle denselben Gang. Sie beginnen mit der unorganischen Chemie als erstem Haupttheil, in welchem die einfachen Stoffe und ihre Verbindungen geschildert werden, worauf dann die organische Chemie als zweiter Haupttheil folgt. Da jedoch in der That zwischen beiden Gebieten eine genaue Grenze nicht besteht, so unterlassen wir es um so mehr dieselbe vorläufig abzustecken, als dem Leser noch allzu sehr die Kenntniß ihres Inhalts mangelt.

Indem wir in einem kurzen Abriß denselben Weg zu befolgen gedenken, suchen wir uns zuerst einige Bekanntschaft mit den einfachen Stoffen zu verschaffen, welche in alphabetischer Ordnung bereits (S. 32 und 33) aufgeführt worden sind.

Von nun an werden wir dieselben jedoch in einer andern Reihenfolge auftreten lassen, wir werden sie nach gewissen Eigenschaften in zwei Hauptgruppen zusammenstellen, nämlich in die der Metalloïde und der Metalle.

Die zahlreichere Gruppe wird von den Metallen gebildet, die sich durch Undurchsichtigkeit und einen eigenthümlichen lebhaften Glanz auszeichnen, den sogenannten Metallglanz; auch erweisen sie sich als vorzüglich gute Leiter der Elektricität. Von der Gruppe der Metalloïde ist man nicht im Stande, eine auf allgemeine Eigenschaften derselben begründete scharfe Charakteristik zu geben; man beschränkt sich darauf, diejenigen Körper zu denselben zu zählen, welchen die Eigenschaften der Metalle mangeln. Ja, die Grenze zwischen beiden Gruppen hat dadurch etwas Schwankendes, daß einige Stoffe in ihren Eigenschaften gleichsam die Mitte halten oder den Uebergang bilden von der einen Abtheilung zur andern, und von einigen Chemikern zur ersten, von andern zur zweiten gestellt werden:

Wir lassen die Elemente nach dieser Eintheilung geordnet folgen und trennen die Metalle nochmals in leichte Metalle und in schwere; die häufiger vorkommenden und deshalb wichtigern sind durch ein Sternchen bezeichnet.

I. Metalloïde; man rechnet hierher 15 einfache Stoffe, nämlich:

Sauerstoff*, Wasserstoff*, Stickstoff*, Schwefel*, Selen*, Tellur*, Chlor*, Brom*, Jod*, Fluor*, Phosphor*, Arsen*, Kohlenstoff*, Bor*, Kiesel*.

II. Metalle; die 17 leichten Metalle, deren Dichte die Hälfte von der des Wassers nicht übersteigt, sind:

Kalium*, Natrium*, Lithium*, Barium*, Strontium*, Calcium*, Magnesium*, Beryllium, Aluminium*, Zirkonium, Thorium, Cerium, Lanthan, Didym, Yttrium, Erbium, Terbium.

Am zahlreichsten ist die aus 28 Gliedern bestehende Gruppe der schweren Metalle:

Mangan*, Eisen*, Chrom*, Kobalt*, Nickel*, Wolfram, Molybdän, Vanad, Zink*, Kadmium, Kupfer*, Blei*, Wismuth*, Quecksilber*, Zinn*, Tantal, Titan, Niobium, Antimon*, Uran, Silber*, Gold*, Platin*, Rhodium, Iridium*, Palladium, Ruthenium, Osmium.

Die Reihenfolge, in welcher bei dieser Aufzählung die einfachen Stoffe erscheinen, ist keine willkürliche oder zufällige, sondern man wurde auch hierbei von gewissen chemischen Eigenschaften derselben geleitet, nach welchen die einfachen Stoffe noch eine Anzahl von Gruppen bilden, die später besprochen werden.

„Also 60 Elemente und Tausende von chemischen Verbindungen!" hören wir den Laien verwundert ausrufen, nachdem er sich durch die vorstehenden, zum Theil eben nicht harmonisch klingenden Namen hindurchgearbeitet hat; ist dieses die gepriesene Einfachheit, zu welcher die Chemie der Gegenwart uns hinzuführen verspricht? Welche Untersuchungsacten stehen da bevor, wenn wir fürchten müssen, in einem Körper, der untersucht wird, an die sechzig verschiedene Stoffe eingeschachtelt zu finden!

Der Chemiker zuckt etwas verlegen die Achsel; allein er kann nicht helfen: es ist nun einmal so. Doch kann er dem ob der sechzigfachen Einfachheit erschrockenen Leser einigen Muth einsprechen in Folgendem: Erstlich sind diese Stoffe in so außerordentlich ungleichem Verhältnisse in der Natur vertheilt, daß die Hälfte derselben als wahre Seltenheiten anzusehen, selbst dem Chemiker von Fach schwer zugängliche und kostbare Raritäten bleiben. Wir brauchen daher keineswegs zu fürchten, bei jedem chemischen Versuche, den anzustellen wir etwa Lust haben, gleich mit der ganzen Legion der Elemente uns herumschlagen zu müssen.

Die Natur ist allerdings einfach in ihren Mitteln und Gesetzen. Die meisten, mechanisch nicht weiter in Verschiedenes trennbaren Körper enthalten nur zwei bis vier verschiedene Elemente. Chemische Verbindungen, die sechs bis sieben einfache Stoffe enthalten, sind selten. Indessen gibt es manche Minerale, die Gemische aus

mehreren chemischen Verbindungen sind und 12—15 verschiedene Bestandtheile enthalten, und deren Untersuchung allerdings keine geringe Schwierigkeit darbietet.

Wie erwähnt sind in dem oben gegebenen Verzeichnisse die Namen der häufiger vorkommenden und daher wichtigern Stoffe durch ein beigesetztes Sternchen ausgezeichnet worden. Zählen wir diejenigen, welchen diese Auszeichnung in unserer Aufstellung geworden ist, so ergeben sich im ganzen 35 für die Erscheinungen der Wissenschaft sowol als die Bedürfnisse des Lebens mehr oder weniger wichtige Stoffe. Auch selbst unter diesen sind noch manche, die ziemlich selten oder von beschränkter Anwendung sind, wie z. B. das Brom, das Fluor, das Bor, das Strontium und das Wismuth. Andere sind dafür um so wichtiger, sowol durch die allgemeine Verbreitung als auch durch die Masse, in der sie auftreten. Hierher gehören in erster Linie: Sauerstoff, Stickstoff, Kiesel, Calcium, Aluminium, und in zweiter Linie: Wasserstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Kalium, Natrium, Magnesium und Eisen.

Diese soeben genannten zwölf Grundstoffe machen nicht allein die Hauptmasse der festen Erdkruste aus, sondern es bestehen aus denselben der Hauptsache nach auch die Luft und das Wasser, die Pflanzen und die Thierkörper. Die übrigen Stoffe sind im Vergleich mit den genannten nur in geringen Mengen vorhanden, und mehrere derselben bieten dabei die Eigenthümlichkeit dar, daß sie eine außerordentlich allgemeine Verbreitung haben, ohne dabei irgendwo in großen Massen aufzutreten; wie z. B. Chlor, Phosphor und Mangan, die fast nirgends in einem Ackerboden fehlen, wenn auch ihre Menge oft nur eine kaum nachweisbare Spur beträgt. Dagegen sind die meisten dieser Stoffe an einzelnen Gegenden von mehr oder weniger großer Ausdehnung aufgespeichert, sodaß einige derselben, wie das Bor, das Platin, Selen und viele der neuentdeckten Metalle nur auf ganz vereinzelte Punkte beschränkt erscheinen.

Auf die großen, unserer Untersuchung zugänglichen Naturgebiete vertheilen sich die chemischen Elemente in folgender Weise: Die feste Erde hat als Hauptbestandtheile, die wol drei Viertel ihrer

Masse bilden, den Sauerstoff, das Kiesel, das Aluminium und das Calcium, während sämmtliche übrigen Stoffe den andern Theil bilden.

Das Wasser, wovon das des Meeres als Hauptmasse erscheint, besteht aus zwei Elementen, nämlich Wasserstoff und Sauerstoff. In demselben sind manche Stoffe aufgelöst enthalten, die jedoch zusammengenommen etwa nur ein Procent vom Gewichte des Wassers betragen, und von welchen das aus Chlor und Natrium bestehende Kochsalz den größten Theil ausmacht.

Die Luft ist der Hauptsache nach ein Gemenge von zwei einfachen, gasförmigen Körpern, nämlich von Stickstoff, der vier Fünftel, und von Sauerstoff, der ein Fünftel ihres Raums erfüllt. Allein ähnlich wie das Meer enthält die Luft noch einige Stoffe beigemengt, von welchen Wasserdampf und Kohlensäure der Menge nach die bedeutendsten sind.

Das Pflanzen- und Thierreich besteht seiner Hauptmasse nach aus vier Elementen, nämlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Daher erklärt sich auch vieles Uebereinstimmende in dem ganzen Verhalten der Pflanzen- und Thierkörper, wie ihre Ernährungsgeschichte, Verwesung und Brennbarkeit. Von den übrigen Stoffen, die in Pflanzen- und Thierkörpern angetroffen werden und von Bedeutung erscheinen, sind zu bemerken: Schwefel, Phosphor, Kiesel, Kalium, Natrium, Calcium und Eisen.

9. Beschreibung der einfachen Stoffe und ihrer wichtigsten Verbindungen; Allotropismus.

Nachdem wir über die chemischen Elemente einen allgemeinen Ueberblick gewonnen haben, wollen wir die wichtigsten derselben näher kennen lernen. Dabei wird dieselbe Reihenfolge und Abtheilung beibehalten, die bei Aufzählung ihrer Namen gebraucht wurde, und da wir hier kein Lehrbuch der Chemie zu geben haben, so muß uns die geeignete Beschränkung gestattet sein. In der Regel wird die Jahreszahl angegeben, wann der in Rede stehende einfache Stoff entdeckt oder als solcher erkannt worden ist, was

jedoch bei denjenigen sich nicht so genau angeben läßt, die, wie z. B. das Gold und das Eisen, schon im Alterthume bekannt waren, und deren elementare Natur sich erst später herausstellte.

Bei der Beschreibung der einfachen Stoffe werden wir öfter dem Fall begegnen, daß ein und dasselbe Element mit sehr verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften auftritt. Eins der frappirendsten Beispiele der Art ist der Kohlenstoff, den man sowol in Gestalt eines schwarzen Pulvers als auch in der des Diamantes kennt: Körper, die äußerlich gewiß himmelweit voneinander verschieden sind. Ein anderes Element, das Silicium, ist je nach Umständen leicht entzündlich und löslich oder beides in schwierigerm Grade. Der Schwefel ist gewöhnlich gelb und fest; nachdem man ihn jedoch geschmolzen, sehr stark erhitzt und dann durch Ausgießen in kaltes Wasser plötzlich abgekühlt hat, ist derselbe Körper weich, elastisch, von braunrother Farbe und durchsichtig. Bei festen Körpern, wie solches die bisher genannten sind, hat man diese merkwürdigen Unterschiede im Verhalten desselben Stoffs dadurch zu erklären gesucht, daß man eine verschiedene Aneinanderlagerung ihrer kleinsten Theilchen annimmt, ähnlich z. B. wie wir uns das verschiedene Aussehen des Zuckers, als Candis und Melis, leicht erklären, da bei ersterm die Zuckertheilchen sich zu großen Krystallen aneinander gereiht haben, bei letzterm zu kleinen Krystallchen, die dicht ineinander gefügt sind. Eis und Schnee geben ein ähnliches Bild.

Auffallender ist es dagegen, wenn auch gasförmige einfache Stoffe in verschiedenen Modificationen erscheinen, denn in diesem Falle kann als Ursache der verschiedenen Eigenschaften eines und desselben Körpers eine ungleiche Lagerung oder Anordnung seiner Theilchen nicht gedacht werden, da die Theilchen der luftförmigen Körper ja keinen Zusammenhang, vielmehr die größte Beweglichkeit haben.

Läßt man z. B. durch Sauerstoffgas anhaltend elektrische Funken passiren, so ändert es wesentlich seine Eigenschaften; das an sich geruchlose Gas nimmt einen eigenthümlichen, starken Geruch an und es äußert jetzt gegen manche Stoffe eine viel kräftigere

Verwandtschaft als vorher. Eine ähnliche Veränderung erleidet das Chlorgas einfach dadurch, daß es von der Sonne beschienen wird. Wenn dieses Gas in einem dunkeln Zimmer bei Kerzenlicht bereitet wird, so läßt es sich mit Wasserstoffgas vermischen, ohne mit demselben chemisch in Verbindung zu treten. Hatte man dasselbe Gas jedoch nur einige Augenblicke dem Sonnenlichte ausgesetzt, so verbindet es sich nachher mit Wasserstoff selbst im Dunkeln.

In allen diesen Fällen konnte man nicht etwa durch die Analyse nachweisen, daß man zweierlei chemische Stoffe vor sich hatte; die Substanz war dieselbe, jedoch mit theilweiser Aenderung ihrer Eigenschaften. Ein solches Auftreten verschiedener Zustände bei demselben elementaren Stoff bezeichnet man mit dem Namen der Allotropie (ungleichartige Beschaffenheit).

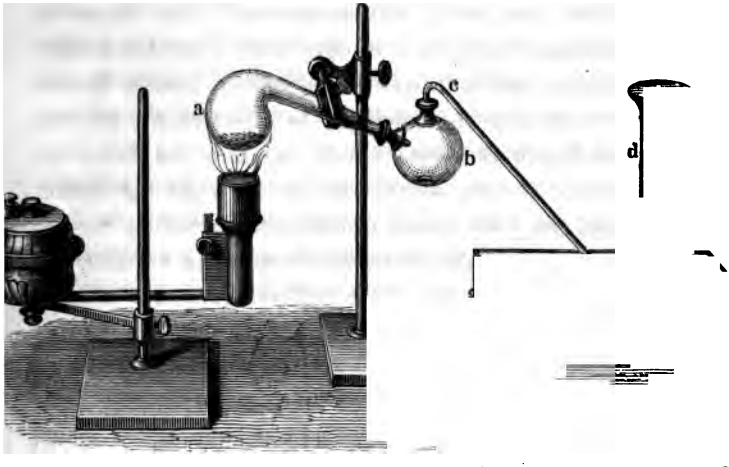
Es reiht sich hieran die Vermuthung, daß der Allotropismus eines Elementes sich auch übertragen könne, auf die chemischen Verbindungen, die derselbe bildet; es können demnach von demselben Elemente zwei Verbindungen mit einem andern Elemente entstehen, die bei ganz gleicher quantitativer Zusammensetzung doch gewisse Verschiedenheiten darbieten, eben weil in ihnen ein Bestandtheil in verschiedenen allotropen Zuständen vorhanden ist. In der That kennt man mehrfache Beispiele chemischer Verbindungen, auf welche diese Auffassung sich anwenden ließe.

10. Die Metalloide und ihre Verbindungen.

Sauerstoff, O = 8. Derselbe wurde um das Jahr 1774 als einfacher Körper erkannt, ist ein farb- und geruchloses Gas und etwas dichter als atmosphärische Luft. Die ungemein wichtige Rolle, welche der Sauerstoff spielt, läßt es gerechtfertigt erscheinen, daß wir denselben an die Spitze aller einfachen Stoffe stellen. In der That war es die genauere Kenntniß dieses Körpers, mit welcher der Grund zur heutigen wissenschaftlichen Chemie gelegt wurde. Aus mehreren chemischen Verbindungen, die Sauerstoff enthalten, läßt sich derselbe durch die Hitze abscheiden. Am einfachsten geschieht dies, wenn rothes Quecksilberoxyd (HgO)

eine Verbindung von 100 Gewichtstheilen Queckſilber mit 8 Gewichtstheilen Sauerſtoff, in einer kleinen Retorte a (Fig. 2) erhitzt wird. Der Einfluß der Wärme reicht hin, die chemiſche Verbindung dieſer beiden Stoffe zu trennen. In dem Kölbchen b ſammelt ſich das Queckſilber, während der gasförmige Sauerſtoff, durch eine Röhre c weiter geleitet, unter eine Glasglocke d tritt. Größere Mengen dieſes Gaſes verſchafft man ſich raſch und mit

Fig. 2.



wenig Koſten durch Erhitzen von reinem chlorſauren Kali (KO,ClO_5) oder von einem Gemenge dieſes Körpers mit ein wenig Mangan-Ueberoxyd (MnO_2). Aus den Formeln erſieht man, daß beide Körper viel Sauerſtoff enthalten. Ein ganz beſonderes Intereſſe für die Ernährungsgeſchichte der Pflanzen gewährt es, daß alle grünen Theile derſelben reines Sauerſtoffgas ausſcheiden, wenn ſie ſich im Sonnenlicht befinden. Man braucht nur eine Quantität friſch abgeflückter Blätter, oder einen noch am Stamm befindlichen beblätterten Zweig unter Waſſer zu tauchen, um alsbald eine Menge von Luftbläschen aus jenen Pflanzentheilen austreten zu ſehen. Stülpt man darüber einen mit Waſſer gefüllten Trichter, mit verkorkter Spitze, ſo ſammelt ſich unter letzterer das Gas. Seine auffallendſte Eigenſchaft iſt die ungemeine Lebhaftigkeit, mit welcher brennbare Körper in demſelben verbrennen. Wird z. B. ein Holzſpan, der nur

ein wenig glimmt, in ein mit Sauerstoff gefülltes Glas gebracht, so entflammt er sich augenblicklich. Andere Körper verbrennen in Sauerstoff mit den prachtvollsten Lichterscheinungen, wie z. B. Phosphor mit blendend weißem, der Sonne gleichem Lichte. Durch das bereits erwähnte Vorkommen des Sauerstoffs in Luft, Wasser und Erde ist er der verbreitetste und zugleich der in größter Menge vorhandene aller einfachen Stoffe, und deshalb, sowie durch seine Fähigkeit, mit allen übrigen Stoffen sich chemisch zu verbinden, das wichtigste Glied der ganzen Elementenreihe. Man pflegt in der That die einfachen Stoffe durch ihr Verhalten gegen den Sauerstoff zu charakterisiren und sie danach einzutheilen. Seinen Namen erhielt er, weil die meisten Verbindungen des Sauerstoffs mit den Metalloiden einen sauern Geschmack haben und man ihn daher für ein Säure bildendes Princip ansah. Allein es zeigte sich später, daß Verbindungen mit sehr sauern Eigenschaften existiren, die keinen Sauerstoff enthalten, daher denn die Bezeichnung desselben um so weniger eine richtige ist, als bei der Verbindung des Sauerstoffs mit den Metallen Basen entstehen: Körper, die den Säuren ganz entgegengesetzte Eigenschaften haben. Sein lateinischer Name **Oxygenium** ist gleichbedeutend mit dem deutschen; oxydiren heißt daher soviel als mit Sauerstoff vereinigen, und das Product der Verbindung eines einfachen Stoffs mit Sauerstoff wird Oxyd genannt. Indem Eisen an der Luft rostet, verbindet es sich mit Sauerstoff, oder, wie der Chemiker sich kürzer ausdrückt: es oxydirt sich.

Der Act der chemischen Vereinigung des Sauerstoffs mit einem andern Stoffe ist stets von Wärmeentwickelung begleitet, und wenn größere Mengen eines Stoffs sich rasch oxydiren, so entsteht eine ühlbare Hitze, die in Verbindung begriffenen Stoffe werden glühend, kurz, es tritt diejenige Erscheinung ein, welche wir Feuer nennen. Beim Verbrennen des Holzes verbinden sich einige Bestandtheile desselben mit dem in der Luft befindlichen Sauerstoff zu gasförmigen Verbindungen, daher es den Anschein hat, als ob die Materie, die das Holz bildete, gänzlich verschwinde. Ohne die Gegenwart von Sauerstoff ist folglich die Verbrennung unmöglich; wie uns ja auch

die tägliche Erfahrung lehrt, daß ein Feuer erlischt, sobald wir den Zutritt der sauerstoffhaltigen Luft abschließen.

Das Athmen der Menschen und Thiere ist ebenfalls ein Oxydationsproceß, eine Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft. Mit jedem Athemzuge wird derselben etwas Sauerstoff entzogen, der im Körper sich mit gewissen kohlenstoffhaltigen Bestandtheilen desselben verbindet, woher es kommt, daß die ausgeathmete Luft Kohlensäure enthält. Auch durch diese im Körper vorgehende Oxydation wird eine gewisse Menge von Wärme entwickelt, und das Athmen ist in Beziehung auf unsern Körper ein Erwärmungsproceß. Luft, die keinen Sauerstoff enthält, kann das Athmen nicht unterhalten, daher in solcher bald der als Erstickung bezeichnete Tod eintritt.

Wir müssen hier einen Stoff anreihen, der zu den noch ungelösten Räthseln der Gegenwart gehört. Längst bekannt war der eigenthümliche Geruch, den man wahrnimmt, wenn eine Elektrisirmaschine in Thätigkeit gesetzt wird, sodaß ein lebhaftes Ueberströmen von Elektricität in den Conductor stattfindet. Es zeigte sich später, daß derselbe Geruch auftritt, wenn man Luft langsam über ein feuchtes Stück Phosphor hinleitet. In beiden Fällen entstehen kleine Mengen eines und desselben Stoffs, der Ozon (Riechstoff) genannt worden ist, und für eine allotrope Modification (s. S. 51) des Sauerstoffs gehalten wird. Die Zweifel über die Natur dieses merkwürdigen Körpers sind deshalb schwierig zu lösen, weil es bisjetzt noch nicht gelungen ist, größere Mengen desselben in reinem Zustande darzustellen. Vom Sauerstoff ist derselbe nicht nur durch seinen Geruch, sondern auch durch seine kräftigere Verwandtschaft unterschieden, vermöge welcher z. B. ozonhaltiger Sauerstoff das Silber oxydirt, was der gewöhnliche nicht vermag.

Wasserstoff, $H = 1$. Man war von jeher so gewöhnt, das Wasser als ein Element anzusehen, und diese Ansicht ist eine so festgewurzelte und allgemein verbreitete, daß es gewiß allgemeines Erstaunen erregen mußte, als die genauen Untersuchungen der Chemiker im Jahre 1766 zeigten, daß das Wasser ein zusammengesetzter Körper sei. Es erregte dies ein so hohes Interesse, daß noch längere Zeit nachher die Bemühungen der ersten Chemiker

darauf gerichtet waren recht genau zu ermitteln, aus welchen Stoffen und in welchen Verhältnissen das Wasser zusammengesetzt sei. Es ergab sich, daß dieses vermeintliche Element aus zwei luftförmigen Körpern bestehe, nämlich aus Sauerstoff, den wir bereits kennen lernten, und aus Wasserstoff, und zwar dem Gewichte nach aus $^8/_9$ des erstern und aus $^1/_9$ des letztern dieser Stoffe, was durch seine Formel HO genau ausgedrückt wird.

Der Chemiker bedient sich stets des Wassers, wenn er sich Wasserstoff verschaffen will. Er muß zu diesem Ende den Sauerstoff entfernen, vom Wasserstoff lostrennen. Dies wird erreicht, wenn man Wasser mit einem Metall in Berührung bringt, das eine starke Verwandtschaft zum Sauerstoff hat. Vorzüglich eignen sich hierzu die leichten Metalle, Kalium und Natrium. Bringt man unter eine mit Wasser gefüllte Glasglocke ein Stückchen Kalium, so verbindet sich dieses augenblicklich mit dem Sauerstoff des Wassers und der frei werdende Wasserstoff sammelt sich im obern Theile der Glocke (s. Fig. 3). Allein die genannten Metalle sind sehr theuer und machen eine wohlfeilere Methode wünschenswerth. Mehrere schwere Metalle, wie z. B. Eisen und Zink, zerlegen das Wasser bei gewöhnlicher Temperatur nicht; wenn sie jedoch in glühendem Zustande mit Wasserdämpfen in Berührung kommen, so entziehen sie denselben den Sauerstoff. Man bringt deshalb Wasser in einer kleinen Retorte a (Fig. 4, s. S. 57) zum Sieden und leitet die entstehenden Dämpfe durch einen eisernen Flintenlauf, den man mit gewundenem Eisendraht oder mit kleinen Nägeln angefüllt und in Kohlenfeuer zum Glühen erhitzt hat. Aus der angefügten Röhre o entweichen jetzt keineswegs Wasserdämpfe, sondern Wasserstoffgas. Der Sauerstoff, der mit ihm verbunden war, ist an das Eisen getreten und hat dasselbe oxydirt. Eine noch bequemere und deshalb von den Chemikern in der Regel benutzte Methode zur Darstellung des Wasserstoffs besteht darin, daß kleine Stücke von Eisen mit Wasser

Fig. 3.

Fig. 4.

übergossen werden, welchem man etwas Schwefelsäure hinzufügt. Unter dem Einflusse der letztern wird das Wasser zersetzt; sein Sauerstoff verbindet sich mit dem Eisen und bildet damit Eisenoxydul, das sich mit der Schwefelsäure verbindet, während der Wasserstoff frei wird und entweicht. Man bedient sich hierzu eines Gasentwickelungs-Apparats (Fig. 5), am bequemsten einer zweihalsigen Flasche, die mit einem Trichter zum Eingießen der Schwefelsäure und mit einem gebogenen Rohre zur Fortleitung des Gases versehen ist. Der chemische Proceß, der hierbei vorgeht, kann mit Hülfe der chemischen Formeln in folgender Gleichung genau ausgedrückt werden:

Fig. 5.

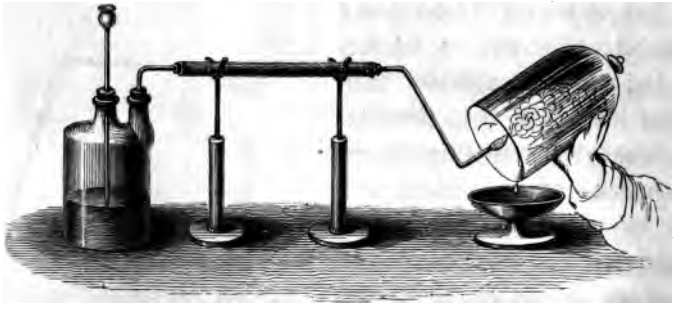
Eisen u. Schwefelsäure u. Wasser, geben: schwefelsaures Eisenoxydul u. Wasserstoff

$$Fe + SO_3 + HO = FeO,SO_3 + H.$$

Der Wasserstoff ist ein farb- und geruchloses Gas und ganz besonders ausgezeichnet durch sein geringes specifisches Gewicht, da

er vierzehnmal weniger wiegt, als ein gleiches Maß atmosphärischer Luft und somit in der That der leichteste aller bekannten Stoffe ist. Dieses Gas ist brennbar und indem es beim Verbrennen mit Sauerstoff sich verbindet, entsteht wieder Wasser, als dessen Bestandtheil der Wasserstoff seinen Namen erhalten hat. Wir haben hier ein weiteres Beispiel eines wenig entsprechend gewählten Namens für einen einfachen Stoff. Denn der Sauerstoff würde auf diesen Grund hin weit passender die Bezeichnung „Wasserstoff" verdienen, da er $^8/_9$ vom Gewicht des Wasserstoffs ausmacht. Der Name „Leichtstoff" wäre z. B. viel bezeichnender für den Wasserstoff. Allein man hütet sich möglichst, in den Erfahrungswissenschaften neue Namen einzuführen, selbst wenn sie an sich Vorzüge haben, weil sonst leicht eine heillose Verwirrung entstehen könnte. Die Regeneration des Wassers durch Verbrennung des Wasserstoffgases läßt sich zeigen, indem man dasselbe anzündet und über die Flamme eine Glasglocke hält (Fig. 6), an deren Wänden das entstehende dampfför-

Fig. 6.

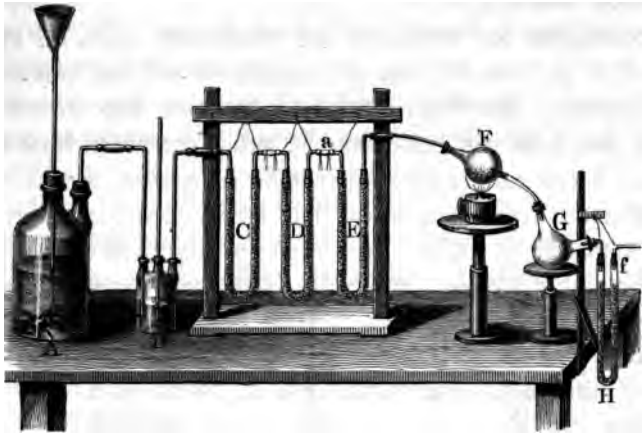


mige Wasser sich abkühlt, niederschlägt und tropfenweise in ein untergestelltes Gefäß abfließt. Die Flamme des Wasserstoffgases besitzt nur eine sehr geringe Leuchtkraft, aber sie entwickelt eine außerordentlich große Hitze.

Wegen seines geringen Gewichts wurde das Wasserstoffgas früher zur Füllung der Luftbälle benutzt, wozu man jetzt das Steinkohlengas wohlfeiler und bequemer zu Gebote hat. In der Technik

findet der Wasserstoff keine Anwendung, allein der Chemiker benutzt denselben nicht selten. Wenn man nämlich über die Oxyde der schweren Metalle bei mäßiger Glühhitze Wasserstoff leitet, so entzieht derselbe jenen Oxyden den Sauerstoff und verbindet sich mit demselben zu Wasser. In diesem Sinne wird der Wasserstoff als sogenanntes Desoxydationsmittel, zur Entsauerstoffung gebraucht. Hierauf beruht ein Verfahren, um die chemische Zusammensetzung des Wassers höchst genau zu beweisen. Man verfährt hierbei folgendermaßen (Fig. 7): In der Flasche A befinden sich Wasser,

Fig. 7.



Eisen und Schwefelsäure; das aus der gegenseitigen Einwirkung dieser Körper hervorgehende Wasserstoffgas ist jedoch weder ganz rein, noch vollkommen trocken. Es wird daher durch die Flasche B und durch eine Reihe von gebogenen Glasröhren C, D, E geleitet, in welchen Substanzen enthalten sind, die alle Feuchtigkeit und fremde Beimengung aufnehmen, sodaß endlich vollkommen reines Gas in den kleinen Glasballon F tritt. In diesem befinden sich 39 Gramme Kupferoxyd (CuO), das durch eine darundergestellte Lampe erhitzt wird. Es verbindet sich jetzt der Wasserstoff mit allem Sauerstoff des Kupferoxyds und das entstandene Wasser

wird in dem Glasballon G angesammelt. Zur Sicherheit ist noch eine Röhre H hinzugefügt, bestimmt etwaigen Wasserdampf zurückzuhalten, sodaß nicht eine Spur des gebildeten Wassers entgehen kann. Vor dem Versuch waren die Apparate G und H genau gewogen worden; nach dem Versuche findet man, daß ihr Gewicht um 9 Gramme zugenommen hat, daß sie also 9 Gramme Wasser aufgenommen haben; ferner findet man, daß im Ballon F nicht mehr 39 Gramme Kupferoxyd sich befinden, sondern 31 Gramme reines, metallisches Kupfer; es sind also 8 Gramme Sauerstoff zur Wasserbildung abgegeben worden; die Menge des entstandenen Wassers beträgt 9 Gramm, folglich ist ein Gramm Wasserstoff in demselben enthalten.

Hinsichtlich des Verhaltens des Wasserstoffs gegen die übrigen Körper ist zu bemerken, daß er vorzugsweise mit den Nichtmetallen sich verbindet. Mit Chlor, Brom, Jod, Fluor und Schwefel bildet er eine Reihe von Verbindungen, welche entschieden saure Eigenschaften haben und daher Wasserstoffsäuren genannt werden. Von den Metallen kennt man bisjetzt nur wenige, wie das Arsen, Zink und Antimon, die sich mit Wasserstoff vereinigen. Mit dem Kohlenstoff bildet derselbe eine beträchtliche Reihe von Verbindungen, die theils brennbare Gase, theils flüchtige Oele sind. Auch erinnern wir uns, daß der Wasserstoff in den Pflanzen- und Thierstoffen ein fast niemals fehlender Bestandtheil ist, die davon 5—6 Procent enthalten.

Das Wasser (HO = 9) ist ein so überaus wichtiger Körper, nicht nur für die täglichen Bedürfnisse unserer Oekonomie, sondern auch durch die Rolle, die es in unzähligen chemischen Processen spielt, daß wir es noch weiter zum Gegenstand unserer Betrachtung machen müssen, nachdem wir bisjetzt nur den Beweis seiner Zusammensetzung geführt haben.

Auffallend ist es, daß Sauerstoffgas und Wasserstoffgas sich nicht chemisch verbinden, wenn man dieselben miteinander vermengt. Wird aber ein Gemenge von ein Maß Sauerstoff und zwei Maß Wasserstoff, was den Gewichtsverhältnissen von 8 zu 1 entspricht, mit einem glühenden Körper in Berührung ge-

bracht, so vereinigen sich beide augenblicklich. Es findet dabei eine heftige Explosion statt, weil der Wasserdampf im Moment seiner Entstehung außerordentlich ausgedehnt wird. Jenes Gasgemenge hat daher den Namen *Knallgas* erhalten und Versuche mit demselben sind *sehr gefährlich* und stets nur im kleinen Maßstabe anzustellen. Ja schon bei der Darstellung des Wasserstoffgases bilden sich anfänglich durch den Sauerstoffgehalt der in den Apparaten enthaltenen Luft kleine Mengen von Knallgas. Man darf daher das aus der Röhre einer Gasentwickelungsflasche entweichende Wasserstoffgas erst dann anzünden, wenn sich annehmen läßt, daß durch längeres Ausströmen aller Sauerstoff entfernt ist.

Obgleich das Wasser weder sauer noch basisch ist, sondern sich neutral oder indifferent erweist, so äußert es doch eine ziemliche Verwandtschaft zu vielen chemischen Verbindungen, namentlich zu den Säuren und Basen. Seine Verbindungen mit denselben werden *Hydrate* genannt. In der Regel findet bei der Bildung der Hydrate eine Erhöhung der Temperatur statt, weil das Wasser in einen dichtern Zustand übergeht und daher seine gebundene Wärme plötzlich abgeben muß. So verbindet sich der *Kalk* (CaO), wenn er gelöscht, d. h. mit Wasser übergossen wird, unter starkem Erhitzen mit diesem zu *Kalkhydrat* (CaO,HO).

Die Säuren werden in der Regel als Hydrate, z. B. *Schwefelsäurehydrat* (SO_3,HO) und nur selten im wasserfreien Zustande angewendet.

Das Hinzutreten des Wassers zu Basen und Säuren ist meist von wesentlichem Einfluß auf deren Eigenschaften, was am auffallendsten in den Farben der Metalloxyde hervortritt. So ist z. B. Eisenoxyd roth, dagegen Eisenoxydhydrat gelb; Kupferoxyd ist schwarz, sein Hydrat blau. Die meisten Hydrate geben in mäßiger oder starker Glühhitze ihr Wasser ab. Die gelben Lehmziegel erscheinen roth, nachdem sie gebrannt worden sind, weil das in denselben enthaltene Eisenoxydhydrat sein Wasser verliert und zu Eisenoxyd wird.

Auch mit den *Salzen* verbindet sich das Wasser, indem es mit den Theilchen derselben zu festen Krystallen zusammentritt und

in dieser Vereinigung **Krystallwasser** genannt wird. Man unterscheidet demnach wasserfreie Salze und solche mit Krystallwasser. So ist NaO,SO_3 wasserfreies schwefelsaures Natron; $NaO,SO_3 + 4HO$ ist dasselbe Salz mit 4 Aequivalenten Wasser verbunden. Bei den Salzen der schweren Metalloxyde finden wir wieder, daß der Gehalt an Krystallwasser von wesentlichem Einfluß auf ihre Farbe ist. Der Kupfervitriol ist blau, der Eisenvitriol ist grün; von ihrem Krystallwasser befreit, sind diese beiden Salze farblos.

Das Wasser hat das merkwürdige Vermögen, eine große Anzahl fester Stoffe in flüssigen Zustand zu versetzen oder **aufzulösen**. Die Auflösung scheint theilweise auf einer gewissen chemischen Verwandtschaft des Wassers zum gelösten Körper zu beruhen, theilweise auf dem großen Anhang, den die Wassertheilchen gegen die Theilchen des löslichen Körpers äußern. Sie drängen sich gleichsam zwischen diese und heben ihren Zusammenhang auf. In der That verändert das Auflösen keineswegs die chemischen Eigenschaften eines Stoffs und indem durch Erwärmen die Wassertheilchen sich verflüchtigen lassen, erhalten die Theilchen des aufgelösten Stoffs unverändert wieder ihren frühern Zusammenhang.

Wenn man in die Auflösung irgendeines Stoffs neue Theile desselben bringt, und es werden diese nicht verändert, so ist die Auflösung **gesättigt**. In der Regel kann jedoch die Flüssigkeit neue Mengen des löslichen Stoffs aufnehmen, wenn man ihre Temperatur erhöht. Wird diese jedoch erniedrigt, so scheidet sich ein entsprechender Theil des Gelösten wieder aus und zwar meistens in regelmäßiger Form, in **Krystallen**. Wird dagegen ein aufgelöster Körper gleichsam plötzlich genöthigt, aus dem flüssigen in den festen Zustand überzugehen, so haben die Theilchen keine Zeit, sich nach bestimmten Gesetzen symmetrisch zu ordnen und Krystalle zu bilden, sie scheiden sich in Form eines zu Boden sinkenden Pulvers, als ein sogenannter **Niederschlag** aus. Solche Niederschläge entstehen z. B., wenn eine concentrirte Lösung von schwefelsaurem Natron (Glaubersalz) unter Umschütteln rasch erkaltet wird, oder wenn man derselben Weingeist zusetzt, in welchem dieses Salz unlöslich ist, oder wenn man ein Barytsalz hinzufügt,

das mit der Schwefelsäure eine ganz unlösliche Verbindung bildet, die augenblicklich zu Boden fällt.

Auf der Löslichkeit des einen und auf der Unlöslichkeit des andern der verschiedenen Stoffe beruht die Möglichkeit, Trennungen und Verbindungen derselben zu bewirken, weshalb das Verhalten der einfachen Körper und ihrer Verbindungen gegen Wasser für den Chemiker ein sehr beachtenswerther Umstand ist.

Aber gerade das Vermögen des Wassers, so viele Substanzen aufzulösen, ist die Ursache, daß alles Wasser, wie wir es aus den mannichfachen Quellen der Natur schöpfen, niemals reines Wasser ist. Ueberall, wo es mit dem Boden in Berührung kommt, nimmt es das Lösliche aus demselben auf; es hängt daher ganz von diesem ab, ob wir ein sehr reines, sogenanntes weiches Wasser vorfinden, oder ein hartes Wasser, das Salze und insbesondere Kalk enthält, welches beim Kochen eine Kruste in den Gefäßen hinterläßt. Wasser, die aus größern Tiefen kommen, haben eine höhere Temperatur, und solche warme Quellen, deren einige die Siedhitze erreichen, werden Thermen genannt. Trifft das Wasser auf seinem Wege Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Salze u. s. w. an, so löst es gewisse Mengen davon auf und nimmt dadurch besondere Eigenschaften an, wie wir dies bei den sogenannten Mineralwassern finden. Das Meerwasser ist so reich an Salzen, insbesondere an Kochsalz und Bittersalz, daß es ganz ungenießbar ist.

Vollkommen reines Wasser darf, auf blankem Silber oder Platin erhitzt, nach dem Verdampfen nicht die geringste Trübung des Metalls bewirken. Dies ist jedoch nur bei solchem Wasser der Fall, das man der Destillation unterworfen hatte. An Reinheit steht diesem zunächst das Regenwasser, das ja gleichsam in der Werkstätte der Natur destillirt worden ist und daher vorzugsweise zu solchen Zwecken verwendet wird, die wie das Waschen und Färben möglichst reines Wasser erfordern.

In wissenschaftlicher Beziehung ist es interessant, daß noch eine zweite Verbindung des Wasserstoffs mit Sauerstoff entdeckt worden ist, in welcher noch einmal soviel Sauerstoff enthalten ist als im

Wasser, weshalb sie Wasserstoffüberoxyd (HO_2) genannt wird. Ja man ist geneigt, das räthselhafte Ozon, von welchem Seite 51, 55 die Rede war, für ein noch höheres Wasserstoffoxyd (HO_3) zu halten.

Stickstoff, N = 14. Der Stickstoff, den man seit 1772 kennt, theilt mit den vorhergehenden die Eigenschaften des gasförmigen Zustandes, der Farb- und Geruchlosigkeit. Auch stimmen diese drei Gase darin überein, daß sie auf keine Weise in den flüssigen Zustand übergeführt werden können, was bei den übrigen gasförmigen Stoffen durch starkes Zusammendrücken und Erkalten derselben sich bewirken läßt. Man hat daher den Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff als die Gruppe der beständig elastischen Gase bezeichnet.

Wie früher erwähnt wurde, ist die Atmosphäre dem Raume nach ein Gemenge von $^4/_5$ Stickstoffgas mit $^1/_5$ Sauerstoff. Wenn man deshalb aus Luft, die in einer Flasche oder Glasglocke abgesperrt sich befindet (Fig. 8), den Sauerstoff dadurch entfernt, daß man ein Stückchen Phosphor darin verbrennt, so bleibt Stickstoff übrig. Er erhielt seinen Namen, weil in diesem Gase weder ein Thier athmen, noch ein Feuer brennen kann. An sich hat der Stickstoff sonst keine ausgezeichneten Eigenschaften und auch keine Anwendung. Dennoch erscheint er als ein Element von großer Bedeutung, denn er ist ein Bestandtheil der Salpetersäure, des Ammoniaks, der Blausäure, des Berlinerblau, sodann mehrerer werthvollen Arzneimittel, wie des Chinins und Morphins, sowie endlich aller derjenigen Nahrungsmittel, von welchen wir annehmen, daß sie dazu dienen, in Fleisch und Blut überzugehen, und die wir daher für

Fig. 8.

die nahrhaftesten halten. Aus diesem Grunde ist der Gehalt einer Speise an Stickstoff eine Sache von großer ökonomischer Bedeutung. Eiweiß, Muskelfaser, Käse sind solche stickstoffreiche Nährstoffe.

Es ist leicht begreiflich, daß die Luft, welche unsere Atmosphäre ausmacht, der Gegenstand vielfacher und sorgfältiger Untersuchungen von seiten der Chemiker geworden ist. Die Luft ist es ja, in der wir leben und uns bewegen, die uns allerwärts umgibt und die ihren Einfluß auf alle Erscheinungen ausübt. Eine genaue Kenntniß ihrer Zusammensetzung mußte Aufklärung über so viele der wichtigsten Processe versprechen, die fortwährend um uns her vorgehen. In der That sind wir auch, seitdem uns die Untersuchungen in dieser Richtung genaue Kenntnisse verschafft haben, über den großen Haushalt der Natur wesentlich aufgeklärt worden. Zahlreiche Analysen belehren uns, daß die Luft in 100 Raumtheilen aus 20,9 Sauerstoff und 79,1 Stickstoff besteht; dem Gewichte nach aus 23,1 Sauerstoff und 76,9 Stickstoff. Dieses Verhältniß ist ein an allen Punkten der Erde, über Land und Meer, in Höhen und Tiefen so auffallend gleichbleibendes, daß man der Ansicht war, die Atmosphäre sei nicht ein Gemenge, sondern eine chemische Verbindung der genannten zwei Gase. Allein hiergegen sprechen triftige Gründe, insbesondere der folgende Umstand. Wenn die Luft mit Wasser in Berührung ist, so nimmt letzteres eine gewisse Menge derselben in sich auf; unsere sämmtlichen Wasser sind daher lufthaltig, wovon man sich überzeugen kann, wenn man ein Glas Wasser auf den erwärmten Ofen stellt. Eine Menge von Luftbläschen kommen alsbald zum Vorschein und entweichen, indem sie durch die Wärme ausgedehnt werden. Sammelt man jedoch die vom Wasser zurückgegebene Luft und analysirt dieselbe, so zeigt es sich, daß dieselbe 35 Procent Sauerstoff und 65 Procent Stickstoff enthält, daß sie also viel sauerstoffreicher ist als die atmosphärische Luft. Das Wasser nimmt also aus dieser die beiden Gase ganz nach dem Grade ihrer Löslichkeit in Wasser aus der Luft auf, was nicht der Fall sein könnte, wenn letztere eine chemische Verbindung wäre. Dieser große Sauerstoffgehalt der im Wasser aufgelösten Luft ist von Bedeutung für die im Wasser lebenden Thiere.

Die Atmosphäre enthält jedoch noch andere gasförmige Stoffe beigemengt, namentlich Wasserdampf, dessen Menge, wie man leicht einsieht, an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten sehr ungleich und wechselnd ist, je nach dem Wasserreichthum der Gegend und ihrer Temperatur. Ebenso hat man die Luft nie und nirgends frei gefunden von Kohlensäure; vielmehr haben auch hier die genauesten Untersuchungen ergeben, daß diese luftförmige Säure überall in gleichem Verhältnisse der Atmosphäre beigemengt ist, welches $^4/_{10000}$ ihres Raumgehalts beträgt. Da nun an der Erdoberfläche fortwährend zahllose Processe stattfinden, die sämmtlich verändernd auf die Atmosphäre einwirken, indem z. B. viele derselben Sauerstoff entziehen, andere ihr Kohlensäure übergeben und nichtsdestoweniger die oben angegebenen Verhältnisse ihrer Bestandtheile sich absolut gleichbleiben, so ist nicht zu verkennen, daß hier im großen Ganzen wunderbar ein Gesetz waltet, wonach jene Processe einander entgegengesetzt wirkend, sich aufheben und so der Charakter der Atmosphäre stets sich gleichbleibt. Wir werden bei Betrachtung des Pflanzen- und Thierlebens auf einen Fall der Art speciell zurückkommen.

Ganz verschwindend in dem unermeßlichen Bereich der Atmosphäre sind dagegen gar manche gasförmige Ausdünstungen, selbst wenn dieselben am Orte ihrer Entstehung sich sehr fühlbar machen, wie die Producte der Fäulniß, oder die Dämpfe aus chemischen Fabriken, oder endlich die Fieberstoffe, die mal aria sumpfiger Gegenden. Von allen diesen Stoffen sind wägbare Spuren auch bei sorgfältigster Untersuchung der Luft nicht nachzuweisen.

Der Stickstoff muß sich gefallen lassen, in den Lehrbüchern der Chemie als ein indifferenter Stoff von wenig Energie geschildert zu werden. In der That, neben den brillanten und effectreichen Versuchen, die mit seinen Nachbarn, dem Sauerstoff, Wasserstoff, Chlor u. s. w. sich anstellen lassen, tritt der Stickstoff höchst bescheiden auf, er glänzt durch Abwesenheit des Glanzes. Allein ein tieferer Blick auf die höchst merkwürdigen Verbindungen, die er mit einigen Stoffen bildet, verleiht dem Stickstoff eine ganz besondere Bedeutung. Schon dies ist auffallend, daß er mit den

ihm nahe stehenden Metalloiden drei Verbindungen von ganz entgegengesetzten chemischen Eigenschaften bildet, nämlich mit Sauerstoff die Salpetersäure (NO_5), eine der stärksten Säuren; mit Wasserstoff vereinigt bildet der Stickstoff das Ammoniak (NH_3), welches in seiner Verbindung mit den Elementen des Wassers (NH_4O) als eine starke Basis auftritt; endlich entsteht aus Kohlenstoff und Stickstoff das Cyan (NC_2), welches sich in seinen chemischen Eigenschaften dem Chlor, Brom und Jod anreiht. An den Stickstoff knüpft sich daher ganz vorzüglich die Erörterung der Frage: ob die 60 chemischen Elemente in der That einfache Stoffe und nicht etwa aus einigen wenigen Urstoffen zusammengesetzt seien. Denn die eben erwähnte Verbindung des Ammoniaks (NH_4O) verhält sich so auffallend wie ein Metalloxyd, daß es nahe liegt zu vermuthen, es bestehe dieselbe aus einem zusammengesetzten Metall (NH_4 Ammonium) und Sauerstoff; das Cyan gleicht in seinen Eigenschaften mehreren als einfach geltenden Stoffen so sehr, daß man geneigt werden kann, auch für diese die Möglichkeit anzunehmen, daß sie nicht einfach seien. Ueberdies bilden die genannten Verbindungen, das Ammoniak und das Cyan, den Uebergang von den unorganischen zu den organischen Verbindungen, sodaß man den Stickstoff als den Vermittler dieser beiden chemischen Gebiete betrachten kann.

Allerdings verhält sich der Stickstoff unter gewöhnlichen Umständen ziemlich indifferent gegen andere Stoffe; es bedarf immer besonderer Umstände, um ihn zu veranlassen, in chemische Verbindungen einzutreten. Allein dafür entwickelt er unter Umständen, wo andere Stoffe ihre Verwandtschaft verleugnen, mitunter erst die rechte Energie. So z. B. verbindet er sich in starker Weißglühhitze mit Kohle zu Cyan, und die neuerdings gemachten Beobachtungen, daß der Stickstoff unter denselben Umständen die kräftigste Verwandtschaft gegen Bor und Titan äußert und mit denselben sich verbindet, ist uns ein Wink, daß das Studium desselben noch keineswegs erschöpft ist.

Chlor, $Cl = 35{,}5$. Das Chlor wurde zwar schon 1774 dargestellt, allein es währte bis um das Jahr 1820, bis es in die Reihe der einfachen Stoffe einmüthig von den Chemikern aufge-

nommen wurde. Die Entscheidung des Streits über die Natur dieses Stoffs gehört mit zu den interessantesten und fruchtbarsten Epochen der Entwickelungsgeschichte der Chemie. Das Chlor ist zwar ebenfalls gasförmig, wie die vorhergehenden Stoffe, allein es hat eine schwach grünlich-gelbe Farbe und einen eigenthümlichen, erstickenden und zum Husten reizenden Geruch. In geringer Menge eingeathmet, wirkt es schon nachtheilig auf die Lunge, sodaß wir es geradezu als giftig bezeichnen müssen. Wenn dieses Gas in einer geeigneten Vorrichtung stark zusammengepreßt wird, so verdichtet es sich zu einer gelbbraunen Flüssigkeit, welche selbst in der heftigsten Kälte nicht fest wird. Es erscheint an diesem Stoffe auffallend, daß er niemals in reinem, unverbundenem Zustande und überhaupt nicht in großer Masse sich vorfindet, obgleich er eine sehr allgemeine Verbreitung hat. Dessenungeachtet ist er nicht nur für die wissenschaftliche Chemie eins der interessantesten, sondern auch für die Oekonomie und die Gewerbe eins der wichtigsten Elemente. Es beruht dies auf der großen Fähigkeit des Chlors, sich mit allen übrigen Elementen ohne Ausnahme zu verbinden, in welcher Beziehung es theilweise sogar den Sauerstoff übertrifft. Das Kochsalz erscheint als derjenige Naturkörper, in welchem fast der ganze Vorrath von Chlor niedergelegt ist, denn durch die Analyse ist nachgewiesen, daß in je 100 Pfd. desselben 60 Pfd. Chlor enthalten sind. Das Kochsalz bildet aber in Hinsicht auf seine Masse einen äußerst geringen Theil der Erdrinde. Spuren desselben finden sich dagegen fast in jedem Wasser und in jedem Boden.

Man wird begierig sein zu erfahren, wie ein Stoff von solcher Bedeutung dargestellt wird. Dies geschieht unter Einschlagung eines kleinen Umwegs, indem man das Kochsalz mit Schwefelsäure der Destillation unterwirft. Es findet hierbei eine Zersetzung statt, die wir durch ein sogenanntes Schema verdeutlichen wollen, bei welchem von links nach rechts summirt, die zu chemischen Processen verwendeten Substanzen sich darstellen; der senkrechte Strich bezeichnet die Trennung der vorher verbundenen Elemente, unter dem wagerechten Strich erscheinen die zur neuen Verbindung zusammengetretenen Stoffe summirt:

Cl +	Na = Chlornatrium oder Kochsalz,
H +	O, SO_3 = Schwefelsäurehydrat.
ClH = Chlorwasserstoff.	NaO, SO_3 = Schwefelsaures Natron oder Glaubersalz.

Die hierzu verwendete Schwefelsäure ist ein Hydrat (S. 61), welches ein Aequivalent Wasser enthält; wie man sieht, verbindet sich der in diesem Wasser enthaltene Wasserstoff mit dem Chlor des Kochsalzes und bildet damit eine gasförmige Verbindung, welche Chlorwasserstoff, ClH, genannt wird. Der Sauerstoff aus dem Hydratwasser der Schwefelsäure tritt an das Metall Natrium und bildet damit Natriumoxyd, das kürzer Natron genannt wird und eine starke Basis ist, welche sich sogleich mit der vorhandenen Schwefelsäure zu einem neutralen Körper vereinigt, der schwefelsaures Natron, NaO, SO_3, oder Glaubersalz genannt wird. Dieses Salz bleibt als Nebenproduct in der Retorte zurück, während das Chlorwasserstoffgas entweicht. Leitet man es durch eine Glasröhre in ein Gefäß, das Wasser enthält, so nimmt dieses das Gas begierig auf und man erhält endlich eine gesättigte Auflösung von Chlorwasserstoffgas in Wasser, welche die Eigenschaften einer sehr starken Säure besitzt und die Namen wässerige Chlorwasserstoffsäure oder Salzsäure erhalten hat, von welchen der letztere der Kürze wegen der gebräuchlichere ist.

Dieser Salzsäure bedienen wir uns nun zur Darstellung des Chlors. Es handelt sich darum, der Verbindung ClH, den Wasserstoff zu entziehen und das Chlor frei zu machen. Dies geschieht, indem man Salzsäure mit etwas Manganüberoxyd vermengt und gelinde erwärmt. Auch hierüber geben wir ein Schema:

Cl_2 +	H_2 + xHO = Wässerige Chlorwasserstoffsäure oder Salzsäure.
Mn +	O_2 = Mangan-Ueberoxyd oder Braunstein.
$MnCl_2$ = Zweifach Chlormangan.	2 HO + xHO = Wasser.

Es entsteht hierbei zweifach Chlormangan, welches sich aber in ganz geringer Wärme zersetzt in einfach Chlormangan, MnCl, und in freies Chlor. Die energische Einwirkung desselben, namentlich auf farbige Stoffe, zeigt sich auf eine überraschende Weise, wenn man beschriebenes Papier, Blumen, gefärbte Zeuge und Papiere in bunteſter Mannichfaltigkeit in ein mit Chlorgas gefülltes Gefäß bringt. In kurzer Zeit sind alle die herrlichen Farben verschwunden; ja bei fortwährender Einwirkung des Chlors würden jene Gegenstände gänzlich zerstört werden, indem die Pflanzenfaser selbst dem Angriffe unterliegt. Daher erhoben sich anfänglich ganz gegründete Bedenken gegen die Chlorbleiche; es kam der Fall vor, daß Papiere und Zeuge alsbald ganz mürbe und unbrauchbar wurden. Diese fehlerhafte Beschaffenheit ist jedoch durch Vervollkommnung und sorgfältige Ausführung der Methode gänzlich beseitigt worden. Nur grobe Nachlässigkeit wird jetzt noch derartige mangelhafte Fabrikate erzeugen, und der Schaden wird in solchen Fällen auf den Fabrikanten zurückfallen, ähnlich wie bei dem Bäcker, der uns verbranntes Brot liefern wollte.

Wir machen bei dieser Gelegenheit auf einen Umstand aufmerksam, der fast bei allen chemischen Fabrikationen vorkommt und sich wiederholt, nämlich das Auftreten sogenannter Nebenproducte. Im obigen Falle, wo es sich darum handelt, Chlor darzustellen, haben wir zwei Nebenproducte erhalten, das schwefelsaure Natron und das einfache Chlormangan. Die chemischen Nebenproducte haben aber eine ganz andere Bedeutung als die Abfälle der mechanischen Fabrikationen. Während der Werth dieser letztern meist sehr gering ist im Vergleich zum Hauptfabrikat, sind die chemischen Nebenproducte in den meisten Fällen Stoffe, die ebenfalls einer technischen Verwendung fähig sind. So z. B. wird das bei Gewinnung der Salzsäure gewonnene Glaubersalz nicht nur als Arzneimittel, sondern auch zur Fabrikation der Soda, des Glases und Ultramarins benutzt; aus dem Chlormangan hat man versucht wieder Manganüberoxyd herzustellen, das ein äußerst werthvolles Material ist. Es ist geradezu Princip der gut geleiteten chemischen Fabrikation, dieselbe so einzurichten, daß alle ver-

wendeten Stoffe durch die chemische Umsetzung in nutzbare Verbindungen übergeführt werden, daß nichts verloren wird. Die vollständige Aufarbeitung aller Nebenproducte zu verkäuflicher Waare ist der Triumph einer vollkommenen chemischen Fabrikation. Wir werden in einem spätern Abschnitt dieses Werks ein Beispiel näher beschreiben, wo der chemische Proceß eine solche Abrundung erhalten hat, daß sich die Summen der Rohmateriale und Producte fast mit der Genauigkeit einer mathematischen Gleichung einander gegenüberstellen lassen. Freilich gibt es in einigen chemischen Fabriken Nebenproducte, die schwer oder gar nicht zu verwerthen sind, wie z. B. das bei der Sodafabrikation in ungeheuerer Menge sich anhäufende Schwefelcalcium. Ich habe in England ganze Hügelreihen gesehen, aufgeworfen mit diesem nutzlos aus den Sodafabriken hervorgehenden Nebenproduct, das eine Last für den Fabrikanten ist. Allein vielfache Versuche sind schon gemacht worden, das Schwefelcalcium in den Kreislauf der chemischen Fabrikation nutzbringend zurückzuführen, und wir dürfen überzeugt sein, daß die Lösung dieses Problems einst erreicht werden wird. Uebrigens wollen wir hier noch die Bemerkung hinzufügen, daß in der großen chemischen Fabrikation die Salzsäure als Nebenproduct bei Darstellung der Soda gewonnen wird.

Kehren wir nun zurück zur weitern Betrachtung des Chlors. Das Chlor vereinigt sich außerordentlich leicht mit den Metallen, und selbst die edelsten derselben, wie Gold und Platin, werden rasch von Flüssigkeiten, die freies Chlor enthalten, angegriffen und aufgelöst. Die Verbindungen des Chlors mit Metallen werden Chlormetalle oder Haloïdsalze genannt und sind meist in Wasser löslich und krystallisirbar, Eigenschaften, die uns an dem bekanntesten derselben, am mehrerwähnten Kochsalze, leicht bemerklich werden. Angeführt wurde bereits wie das Chlor gegen Pflanzen- und Thierstoffe eine schnell zerstörende Wirkung äußert, von der man, in geeigneter Beschränkung gehalten, ungemein wichtige Anwendungen zum Bleichen, aber auch, was ferner hervorzuheben ist, zum Zerstören übelriechender Gase und in die Luft übergegangener Krankheitsstoffe macht. Die wichtigsten der zahlreichen, in den Gewerben und in der Medicin angewendeten

chlorhaltigen Verbindungen sind, außer dem Kochsalze, die Chlorwasserstoffsäure oder Salzsäure und der Bleichkalk.

Brom, Br = 80. Das Brom, das erst 1826 entdeckt wurde, ist bei gewöhnlicher Temperatur eine Flüssigkeit von braunrother Farbe und starkem, chlorähnlichem Geruche. In starker Kälte erstarrt es zu einer blätterig krystallinischen Masse von grauer Farbe und zeigt in diesem Zustande große Aehnlichkeit mit dem nächstfolgenden Elemente, dem Jod. Das Brom ist ein seltener Körper, der in geringer Menge in einigen Salzen des Meerwassers und mancher Salzquellen, am reichlichsten in der von Kreuznach, enthalten ist, sodaß man ihm eine besondere medicinische Wirksamkeit zuschreibt. Dies ist auch der einzige Grund, weshalb wir es hier anführen, da es sonst keine bemerkenswerthe Anwendung hat.

Jod, I = 127. Das Jod, seit dem Jahre 1812 bekannt, ist ein Stoff von sehr interessanten Eigenschaften. Es ist fest, von grauschwarzer Farbe, etwas glänzend und in seinem Aeußern sehr der Ofenschwärze ähnlich. Beim Erwärmen verwandelt sich das Jod in einen Dampf von wunderschöner, veilchenblauer Farbe, dessen Geruch eigenthümlich an den des Chlors erinnernd ist. Auch das Jod ist ein seltener Stoff, von welchem im Binnenlande kaum Spuren in einigen Salzquellen angetroffen werden. Die Salze des Meeres enthalten dagegen Jod, verbunden mit Natrium und Magnesium, und man gewinnt es ausschließlich aus der Asche der im Meere wachsenden Pflanzen, der sogenannten „Tange". Eine weitere Eigenthümlichkeit des Jods ist die, daß es mit Silber eine gegen das Licht ungemein empfindliche Verbindung darstellt, worauf sich die Erzeugung der Lichtbilder oder Photographien gründet. Wenn Jod mit Stärke zusammenkommt, so ertheilt es dieser augenblicklich eine lebhafte blaue Farbe. Wollte man z. B. wissen, ob ein Schreibpapier mittels Stärke oder Leim zubereitet ist, so darf man nur ein Körnchen Jod in etwas Weingeist auflösen. Bestreicht man mit der alsdann erhaltenen, braun aussehenden Flüssigkeit das Papier, so nimmt dieses sogleich eine violette Farbe an, wenn es gestärkt war, während es im andern

Falle unverändert bleibt. Am wichtigsten ist jedoch das Jod durch seine entschiedene medicinische Wirksamkeit, die sich namentlich auf das Haut- und Drüsensystem erstreckt. An und für sich ist das Jod, gleichwie das Chlor und Brom, ein heftiges Gift.

Fluor, Fl = 19. Das Fluor bildet in Verbindung mit dem Metalle Calcium den Flußspath, ein schön krystallisirtes, jedoch in sehr untergeordneten Verhältnissen auftretendes Mineral. Von allgemeinem Interesse ist bei diesem Stoffe nur die Einwirkung desselben auf Glas, infolge welcher es zum Aetzen und Mattiren desselben angewendet wird.

Kohlenstoff, C = 6. Der Kohlenstoff ist dagegen ein Körper, der unsere Aufmerksamkeit in umfassendster Weise beansprucht, wie er denn schon in der vorläufig gegebenen Uebersicht unter den Stoffen von allgemeinster Verbreitung und Bedeutung angeführt wurde. Wir wollen hier gleich die überraschendste Thatsache in Beziehung auf dieses Element an die Spitze stellen, nämlich die, daß der Diamant reiner und krystallisirter Kohlenstoff ist, daß also dieser kostbare Körper dem Wesen seiner Materie nach eins und dasselbe ist mit der gewöhnlichen Holzkohle und mit dem Lampenruß. Die Thatsache ist zu auffallend und für manche allgemeine Folgerungen zu wichtig, als daß wir dieselbe nicht durch einige Nachweisungen näher begründen sollten.

Nicht leicht möchten zwei Körper von solcher Unähnlichkeit aufzufinden sein, wie sie der Diamant und die Holzkohle in ihren sämmtlichen äußern Eigenschaften darbieten. Der Diamant, der härteste aller Körper, ist dicht, vollkommen farblos und durchsichtig, und sein außerordentlicher Glanz, sowie sein ausgezeichnetes Lichtbrechungsvermögen erheben ihn bei der Seltenheit seines Vorkommens zum kostbarsten aller Körper, und schon bei dem bloßen Namen des Diamants steigert sich leicht die Phantasie zur Vorstellung des Werthvollsten und Glänzendsten aller irdischen Materie. Unwillkürlich reihen sich an seinen Namen die Bilder des Reichthums, der Macht und des Ueberflusses, wenn bei prachtvollen Festlichkeiten das Auge geblendet wird vom Glanze und Farbenspiele des in Diamantendiademen tausendfach gebrochenen Lichts.

Gegenüber diesem Bilde des Glanzes erscheint die düstere Werktagsgestalt der Holzkohle, von schwarzer Farbe, porös und zerbrechlich, die uns den rauchenden Meiler und die rußende Esse, diese Stätten des entbehrungsvollen Lebens und der schweren Arbeit, vor die Seele ruft; und — diese Kohle und jener Diamant wären identisch? Wir können hier freilich nicht alle Thatsachen und Versuche anführen, auf welche diese Ueberzeugung sich gründet; allein bemerkenswerth ist, daß schon 1694 auf Veranlassung des Großherzogs von Toscana, Cosmus III., in Florenz Versuche angestellt wurden, welche zeigten, daß der Diamant im Brennpunkte eines großen Brennglases vollständig verschwand. Ja, in großem Maßstabe von Kaiser Franz I. 1751 veranlaßte Versuche zeigten, daß, als für ungefähr 6000 Gulden Diamanten und Rubinen während 24 Stunden in heftigem Feuer gehalten wurden, die erstern hierbei vollständig verschwanden, während die Rubinen keine Veränderung erlitten. Dieses Verschwinden beruhte einfach darauf, daß die Diamanten verbrannt waren; denn genaue Untersuchungen bewiesen, daß der Diamant sich dabei mit Sauerstoff vereinigt und ein Gas bildet, welches auch durch das Verbrennen von gewöhnlicher Kohle erhalten wird, nämlich Kohlensäure = CO_2. Eine ganze Reihe weiterer vergleichender Versuche hat bestätigt, wie in chemischer Beziehung Kohle und Diamant ganz eine und dieselbe Art von Materie sind. Wenn es uns bisjetzt nicht gelungen ist, die Kohle in einen solchen Zustand überzuführen, daß sie die äußern Eigenschaften des Diamants, nämlich Härte, Glanz und Durchsichtigkeit, annimmt, so liegt der Grund hierzu wol weniger in der Unmöglichkeit an sich, als vielmehr darin, daß die hierzu erforderlichen Bedingungen wahrscheinlich außerhalb der uns zu Gebote stehenden Mittel liegen. Es läßt sich die Möglichkeit denken, daß, wenn eine Kohlenmasse jahrhundertelang unter großem Drucke der Weißglühhitze ausgesetzt bliebe, ein Theil derselben in den krystallinischen Zustand übergehe. So anziehend auch eine Verfolgung der Geschichte des Diamants sein würde, von dem feinen Demantsplitter, der als Grabstichel in der Hand des Künstlers die zartesten Linien in Stein- und Stahlplatten ausführt, und von

dem unscheinbaren, aber unschätzbaren Werkzeuge, mit welchem der Glaser seine Tafeln zuschneidet, bis zu den wechselnden Schicksalen des großen Diamanten in der Kaiserkrone von Rußland, der Halsbandgeschichte der beweinenswerthen Marie Antoinette, den Diamanten des unglücklichen Grafen Zichy und dem Lichtberge Ko-hi-nur, der vom ausgeraubten Indien dem Kronschatze Englands einverleibt wurde, so müssen wir doch hier den bescheidenern Formen des Kohlenstoffs, der Holzkohle, Thierkohle und Steinkohle den Vorzug einräumen.

Die verschiedenen Arten des Kohlenstoffs, welche wegen ihrer chemischen Eigenschaften und technischen Verwendung unsere Aufmerksamkeit verdienen, unterscheiden sich in mineralische, vegetabilische und animalische Kohlen.

Unter den Kohlenstoffen des Mineralreichs kommt hinsichtlich seiner Reinheit der Graphit dem Diamant am nächsten. Derselbe findet sich in den krystallinischen Gesteinen des sogenannten Urgebirges, hat eine grauschwarze Farbe, ist metallisch glänzend, weich und abfärbend, sodaß er auf dem Papier Striche macht, worauf seine Benutzung zur Verfertigung der Bleistifte beruht. Er wird deshalb auch Reißblei genannt. Wenn man Graphit von der besten Sorte wählt, z. B. aus der berühmten Grube von Borrowdale in England, so verbrennt derselbe in Sauerstoff fast ohne eine Spur von Rückstand zu Kohlensäure. Der weniger reine Graphit, der unter anderm bei Passau reichlich vorkommt, wird namentlich als Material zu Schmelztiegeln für edle Metalle geschätzt, während die geringsten Sorten zum Schwärzen der eisernen Oefen dienen. Ein mineralischer Kohlenstoff von größerer Härte und dichterer, mehr steinartiger Masse ist der Anthracit, der jedoch beim Verbrennen etwas Asche hinterläßt, folglich weniger rein ist. Er findet sich in Lagern mitunter von bedeutender Mächtigkeit, wie z. B. in Sachsen, am Harz, und wird in starkem Gebläsefeuer oder Zug bei den größern Feuerarbeiten benutzt.

Bedeutend mehr vom Charakter des reinen Kohlenstoffs weicht die Steinkohle ab, während sie an Wichtigkeit alle übrigen kohlenstoffhaltigen Minerale übertrifft. Ihr wirklicher Kohlengehalt wechselt von 60—96 Procent, während sie außerdem noch Sauer-

stoff, Wasserstoff, eine kleine Menge von Stickstoff und erdige Beimengungen enthält, die sich aus der beim Verbrennen bleibenden Asche beurtheilen läßt. Je geringer deren Betrag ist und je größer der Kohlegehalt, um so werthvoller ist im allgemeinen die Steinkohle. Die meisten Steinkohlen enthalten Schwefel, der zwar an Eisen gebunden ist, aber dennoch bei der Verwendung der Steinkohle in vielen Fällen höchst nachtheilig sich erweist. Man pflegt daher die Steinkohle zu entschwefeln, indem man sie verkookt, d. h. bei unvollkommenem Luftzutritt ausbrennt, wodurch alle flüchtigen Stoffe sammt dem Schwefel entweichen, während graue, poröse oder schlackige Massen bleiben, die aus reiner Kohle bestehen und Kooks genannt werden. Sie sind insofern ein vortreffliches Brennmaterial, als sie weder Rauch noch Ruß geben. Wir fügen noch die Bemerkung hinzu, daß der vegetabilische Ursprung aller Steinkohle keinem Zweifel unterliegt.

Die vegetabilische Kohle wird erhalten, wenn Pflanzenstoffe der unvollständigen Verbrennung oder der allmählichen Zersetzung in Wasser oder feuchter Erde ausgesetzt werden. In beiden Fällen tritt dadurch eine Verkohlung ein, daß Sauerstoff und Wasserstoff abgeschieden werden, während Kohlenstoff übrig bleibt. Am reinsten ist die vegetabilische Kohle, die man beim Verbrennen gewisser flüchtiger kohlehaltiger Körper enthält, z. B. des Kamphers, indem man den entstehenden Ruß auffammelt und nochmals ausglüht. Derselbe kann als reiner Kohlenstoff betrachtet werden, er verbrennt ohne allen Rückstand. Die gewöhnliche Holzkohle in wohlausgeglühtem Zustande hat als Brennmaterial denselben Vorzug wie die Kooks, nämlich den, ohne Rauch und Ruß zu verbrennen; weniger bekannt ist jedoch das auf der porösen Beschaffenheit derselben beruhende Vermögen, luftförmige Körper zu verdichten, welches bei manchen chemischen Processen eine Rolle spielt.

Dadurch, daß im Ackerboden und Gartenlande eine große Menge von Pflanzenstoffen die als Blätterabfälle, Wurzelreste und Dünger untergebracht werden, allmählich verkohlen, oder wie man gewöhnlicher sagt, vermodern, nimmt derselbe eine dunklere, bis ins Schwarze gehende Farbe an. Solche mehr oder weniger ver-

kohlte Stoffe werden mit dem Namen Humus bezeichnet und ihre Anwesenheit ist von förderlicher Bedeutung der Vegetation, theils indem sie Gase verdichten und durch fortschreitende chemische Zersetzung Wärme entwickeln, theils indem sie wegen ihrer dunkeln Farbe den Boden geeignet machen durch die Strahlen der Sonne stärker erwärmt zu werden, endlich dadurch, daß sie den Boden auflockern, den Pflanzenwurzeln leichte und weite Verbreitung gewähren und auf die chemische Zusammensetzung der in der Ackerkrume enthaltenen mineralischen Pflanzennahrung modificirend wirken. In feuchten Wiesengründen findet sich meist ein ganz schwarzer, aus der Vermoderung der Graswurzeln hervorgegangener Boden, der mitunter durch Moose, Schilf und Rohre, die an der Zersetzung theilnahmen, eine ganze Decke von kohliger Masse erhält, die unter dem Namen von Torf bekannt ist und als ein Brennmaterial von ungleichem Werthe benutzt wird, je nach den Umständen, unter welchen er entstanden ist.

Die thierischen Stoffe liefern, wenn wir von dem Fette absehen, und Fleisch, Haut, Horn u. dgl. der Verkohlung unterwerfen, eine kohlige Masse, die weit davon entfernt ist als reiner Kohlenstoff betrachtet werden zu können. Charakteristisch ist es, daß die Thierkohle stets eine gewisse Menge Stickstoff innig gebunden hält und dadurch vorzüglich geeignet ist zu Darstellung der merkwürdigen Verbindung des Stickstoffs mit Kohlenstoff, welche Cyan genannt wird und schon früher erwähnt wurde. Wir verfolgen diesen interessanten Körper, der ein Hauptbestandtheil der furchtbar giftigen Blausäure ist, hier nicht weiter, da in einem spätern Theile bei Betrachtung einer chemischen Fabrik seine Bildung genau beschrieben wird.

Dagegen mag hier eine andere recht merkwürdige Eigenschaft der Thierkohle hervorgehoben werden, nämlich ihr Vermögen, färbende Stoffe aus Flüssigkeiten hinwegzunehmen. Man schüttele, um sich von dieser auffallenden Wirksamkeit zu überzeugen, etwas rothen Wein mit einem Löffel voll Beinschwarz, auch Knochenkohle genannt, in einer Flasche eine Zeit lang, und die filtrirte Flüssigkeit wird vollkommen farblos und wasserhell erscheinen. Die Knochenkohle hat daher eine ausgedehnte Anwendung in den Raffinerien zur Entfärbung des Zuckers gefunden. Die allgemeinste Bedeutung

hat indessen der Kohlenstoff in der organischen Natur, als niemals fehlender Bestandtheil der Pflanzen- und Thierkörper. Er wird daher der charakteristische Stoff der organischen Körper genannt, und seine Gegenwart verräth sich in der Regel schon durch die schwarze Farbe, welche die meisten derselben beim Erhitzen annehmen, indem sie verkohlen. Bei der Besprechung des Einflusses der Chemie auf die Physiologie wird sich Gelegenheit finden, zu zeigen, auf welche Weise der Kohlenstoff aus dem Bereiche der unorganischen Materie in die Formen der Pflanzen- und Thierwelt übergeht.

Von den chemischen Verbindungen des Kohlenstoffs wurde bereits der Kohlensäure, CO_2, Erwähnung gethan, als eines beim Athmen, Verbrennen, Verwesen und Gähren entstehenden Products. Diese luftförmige Säure, welche den Sauerwassern ihren angenehm erfrischenden Geschmack, dem Champagner seinen leicht aufbrausenden, bis zum Knalleffect sich steigernden Charakter, sowie dem Biere den perlenden Schaum verleiht, und mit diesen Getränken reichlich in den Magen gelangend, diesem vortrefflich zusagt: diese Kohlensäure ist in zu hohem Grade der Liebling des großen Publikums geworden, als daß wir hier nicht etwas ausführlicher von derselben sprechen sollten. Ohnehin rechtfertigt sich dieses durch ihre interessanten Eigenschaften. Wir haben bereits bei Betrachtung der Atmosphäre (S. 66) erfahren, daß in je 5000 Maß derselben zwei Maß Kohlensäure enthalten sind. Außerdem kommt sie in vielen Mineralen mit Metalloxyden verbunden vor, namentlich mit Kalk in Massen, welche ganze Gebirgszüge bilden.

Fortwährend erzeugt wird diese Säure beim Verbrennen und Verwesen kohlehaltiger Körper, bei der Gährung und beim Athmen der Thiere. Die Menge derselben in der Luft müßte daher beständig zunehmen, allein die Pflanzenwelt, indem sie Kohlensäure aus der Luft aufnimmt und Sauerstoff an dieselbe zurückerstattet, hält das atmosphärische Gleichgewicht aufrecht. Wenn man eine Glasglocke mit Kohlensäure anfüllt, einen frischen, blätterreichen Zweig in dieselbe bringt und das Ganze dem Sonnenlichte aus-
[illegible]t, so ist nach einiger Zeit die Kohlensäure verschwunden und
[illegible]uerstoff an ihre Stelle getreten.

Zur Darstellung der Kohlensäure bedient man sich am bequemsten des kohlensauren Kalks (CaO, CO_2), indem man kleine Stücke von Kreide oder Marmor mit irgendeiner der stärkern Säuren, gewöhnlich mit Salzsäure übergießt. Die Kohlensäure wird abgeschieden und indem sich rasch eine Menge von Luftblasen entwickeln, entsteht ein heftiges Aufbrausen. An diesem charakteristischen Merkmal des Aufbrausens erkennt man, ob Minerale Kohlensäure enthalten, indem man dieselben mit Salzsäure benetzt.

Wir fügen die Abbildung eines Apparats zur Entwickelung der Kohlensäure, sowie das Schema der chemischen Zersetzung bei (Fig. 9). In die größere Flasche bringt man die Kalkstücke mit etwas Wasser und schüttet Salzsäure durch den Trichter; die entweichende Kohlensäure passirt zur Reinigung durch das in der zweiten Flasche enthaltene Wasser und wird an der Oeffnung des letzten Rohres ähnlich aufgefangen, wie man dies beim Sauerstoff (S. 53) beschrieben findet.

Fig. 9.

CO_2 -|-	CaO . . . = Kohlensaurer Kalk (Kreide).
	ClH . . . = Chlorwasserstoffsäure oder Salzsäure.
CO_2 = Kohlensäure (entweicht).	$CaCl, HO$ = Chlorcalcium (bleibt in Wasser gelöst als Rückstand).

Wird in ein mit Kohlensäure gefülltes Gefäß ein brennender Körper getaucht, so erlischt er augenblicklich. Ebenso plötzlich sterben Menschen und Thiere, die reine Kohlensäure einathmen, indem sie ersticken. Giftig ist dieses Gas nicht, denn häufig sind wir in

Fig. 11.

Kammer B, in welche man die Substanzen bringt, aus deren Zersetzung die Kohlensäure hervorgeht und jene Oeffnungen durchdringend der Flüssigkeit sich einverleibt. Man benutzt hierzu auf zwei Pfund Flüssigkeit 14 Gramme Weinsäure und 16 Gramme zweifach kohlensaures Natron; das hieraus entwickelte Gas würde etwa den vierfachen Raum einnehmen und es übt daher auf die Wände des Krugs und die Oberfläche der Flüssigkeit einen bedeutenden Druck, sodaß letztere mit Heftigkeit ausströmt, wenn durch einen Druck das oben im Kopfe befindliche Ventil geöffnet wird. Es ist daher die Vorsicht unerläßlich, beim Gebrauche den Krug durchaus nicht ganz anzufüllen, sondern stets einen Raum in der obern Kammer freizulassen, ungefähr wie die Zeichnung es andeutet.

In Verfolgung jener Richtung, die zunächst nur die Herstellung angenehmer Getränke im Auge hatte, ist man jedoch auch zu Thatsachen von großem wissenschaftlichem Werthe gelangt. Es wurden Apparate construirt von sinnreicher Einrichtung und solcher Stärke, daß darin eine enorme Menge von Kohlensäure entbunden werden konnte, die nun, verhindert zu entweichen, einen Druck im Innern bewirkte, der hinreichte, um die gasförmige Kohlensäure in

eine Flüssigkeit zu verwandeln. Es reihten sich hieran weitere Versuche, nach welchen es gelang, die Kohlensäure mittels einer Luftpumpe ebenfalls so stark zusammenzupressen, daß sie flüssig wurde. Der hierzu erforderliche Druck wechselt mit der herrschenden Temperatur; beim Gefrierpunkt ist ein Druck von 36 Atmosphären nöthig, um die Kohlensäure flüssig zu machen; allein bei einer Sommerwärme von z. B. 24° R. wird hierzu ein Druck von 73 Atmosphären nothwendig. Man wird sich einen Begriff von der ungeheuern Gewalt machen, die alsdann in einem solchen Apparate concentrirt ist, wenn wir sagen, daß im ersten Fall auf jeden Quadratzoll seiner Wand ein Druck von 540 Pfund wirkt und im letztern Fall gar von 1125 Pfund! Leider ist es mehrfach vorgekommen, daß Apparate der Art zersprungen sind und Tod und gefährliche Verwundungen bewirkt haben. Der Chemiker, der kaltblütig mit solchen Untersuchungen sich beschäftigt, bewährt so gut seinen Heroismus, wie es der Held im Getümmel der Schlachten thut.

Mit furchtbarem Zischen entfährt die Kohlensäure dem Gefängniß, in das sie gepreßt worden, sobald man ein Ventil öffnet und indem sie augenblicklich verdunstet, entsteht eine solche Kälte, daß das Thermometer auf 56° R. unter Null sinkt und die nachfolgende Kohlensäure in der Luft zu einem weißen Schnee gefriert. Wie heftig diese Kälte ist, erkennt man daran, daß ein wenig von dieser gefrorenen Kohlensäure auf die Hand gelegt, ein Brennen erzeugt und eine Blase hervorruft, wie glühendes Eisen. Die stärkste Kälte, die man bis jetzt beobachtet hat und in welcher das Thermometer 80° R. unter Null sinkt, entsteht, wenn die feste Kohlensäure mit Aether gemischt einer raschen Verdampfung ausgesetzt wird. Es sind nur wenig luftförmige und flüssige Körper bekannt, die bei so niederer Temperatur nicht flüssig werden oder erstarren.

Eine niedere Oxydationsstufe des Kohlenstoffs ist das **Kohlenoxyd**, CO, ein Gas, welches sich bildet, wenn Kohle bei unzureichendem Luftzutritt verbrannt wird. Dasselbe ist brennbar und bildet jene schöne blaue Flamme, die man häufig an Lichtflammen und Kohlenfeuer wahrnimmt. Aber dieses Gas ist giftig; schon

in geringerer Menge der Luft beigemengt, erzeugt es Kopfweh und führt bald den Tod herbei und häufig war es schon die zufällige und absichtliche Ursache trauriger Katastrophen.

Mit dem Wasserstoff vereinigt sich der Kohlenstoff zu gasförmigen, flüssigen und festen brennbaren Verbindungen. Die erstern sind es, die wir zur Gasbeleuchtung benutzen, und die zugleich der Luftschiffahrt einen neuen Aufschwung gegeben haben, da sie um die Hälfte leichter sind als die atmosphärische Luft. An allen Orten, wo Gasbeleuchtung eingerichtet ist, kann ohne allzu große Kosten, und namentlich ohne erhebliche Mühe die Füllung eines Luftballs mit Leuchtgas geschehen, sodaß die Anwendung des Wasserstoffgases in der Aëronautik ganz außer Gebrauch gekommen ist.

Zur Erzeugung der leuchtenden Gase werden Stoffe verwendet, die neben Kohlenstoff auch Wasserstoff enthalten, wie z. B. die Harze, die Steinkohle und das Holz.

Endlich bleibt uns noch das Verhältniß des Kohlenstoffs zur großen Gruppe der Metalle zu betrachten übrig. Wir finden da nur ein einziges, mit welchem der Kohlenstoff eine Verbindung von Wichtigkeit eingeht, nämlich das Eisen. Durch Vereinigung mit einer gewissen Menge von Kohlenstoff bildet dieses Metall den Stahl. Die Mehrzahl der Erze besteht aus Verbindungen von Metallen mit Sauerstoff, und das allgemeine Verfahren zur Abscheidung des letztern besteht darin, daß solche Metalloxyde mit Kohle zum Glühen erhitzt werden. Der Sauerstoff tritt alsdann an die Kohle, damit Kohlensäure bildend, welche als Gas entweicht, während das Metall mit seinen charakteristischen Eigenschaften zum Vorschein kommt.

Schwefel, S = 1. Der Schwefel, schon aus dem Alterthume her bekannt, gehört, wie das Chlor, zu den verbreitetsten, jedoch nicht massenhaft auftretenden Stoffen. Indessen erscheinen die an einzelnen Punkten aufgehäuften Naturvorräthe von gediegenem Schwefel immerhin bedeutend, und namentlich ist Sicilien reich an diesem wichtigen Körper, dessen Gewinnung und Ausfuhr eine Hauptquelle der Einnahme des Königreichs Neapel bildet, indem Europa fast seinen ganzen Bedarf an Schwefel dorther bezieht. Die gewöhnlichen Eigenschaften desselben dürfen füglich als bekannt

vorausgesetzt werden. Doch ist zu bemerken, daß der Schwefel lebhaft elektrische Eigenschaften zeigt, wenn er mit Wolle gerieben wird. In Wasser, Weingeist, Aether, in fetten und flüchtigen Oelen ist er nicht löslich; es gibt aber einige Flüssigkeiten (Chlorschwefel und Schwefelkohlenstoff), welche den Schwefel leicht in großer Menge auflösen und beim Verdunsten in Gestalt sehr schöner Krystalle wieder ausscheiden. Bei 87° R. schmilzt der Schwefel und wird bei stärkerm Erhitzen fast schwarz und dickflüssig. Gießt man ihn alsdann rasch in kaltes Wasser, so erhält man eine braunrothe, durchsichtige, weiche, elastische Masse, die sich in lange Fäden ziehen läßt und von Niemand für Schwefel gehalten würde. Erst nach mehreren Tagen verwandelt sich dieser amorphe (gestaltlose) Schwefel wieder in gewöhnlichen Schwefel, indem er allmählich brüchig krystallinisch wird und damit die gelbe Farbe wieder annimmt. Wir haben hier ein weiteres Beispiel des beim Kohlenstoff so auffallend hervortretenden Amorphismus. Solange die kleinsten Theilchen eines Körpers regellos zueinander liegen, erscheint dieser Körper ohne mathematisch bestimmbare Gestalt, amorph; sobald gewisse Bedingungen denselben gestatten, den Gesetzen ihrer Anziehung zu folgen, so treten sie zu Krystallen zusammen und zeigen jene wunderbar abweichenden äußern Eigenschaften, wie sie bei Diamant und Ruß, bei krystallinischem und amorphem Schwefel geschildert wurden und noch bei manchem Stoff angeführt werden.

Im Handel erscheint der Schwefel in zweierlei Gestalt, entweder in etwa zolldicken Cylindern, sogenannter Stangenschwefel, oder als ein feines gelbes Mehl, sogenannte Schwefelblumen, die besonders in der Medicin gebräuchlich sind. Eine wichtige Anwendung hat der Schwefel neuerdings als Bestandtheil des vulkanisirten Kautschuks gefunden. Die populärsten Anwendungen des Schwefels sind unstreitig die zu Schwefelhölzchen und zum Schwefeln oder Aufbrennen der Weinfässer. Wir glauben es dem heitern Gotte des Weins schuldig zu sein, über das letztere Verfahren uns erklärend zu verbreiten. Wein mit Luft einige Zeit in Berührung gelassen, erleidet eine wesentliche Veränderung, indem er, Sauerstoff aus der Luft aufnehmend, sich in Essig verwandelt.

Man hütet sich daher, Flaschen oder Fässer nur theilweise mit Wein angefüllt zu lassen. Ist dies bei den letztern mitunter unvermeidlich, so nimmt man aus der im Fasse befindlichen Luft den Sauerstoff hinweg, indem ein Stückchen Schwefel darin verbrannt wird. Auch gebrauchte Weinfässer, die leer liegen sollen, muß man mit Schwefel aufbrennen, damit in denselben keine Schimmelbildung entstehen und der in ihren Poren zurückbehaltene Wein nicht sauer werden und den später eingefüllten desto leichter in Säuerung versetzen kann. Der beim Verbrennen des Schwefels entstehende, erstickend riechende Schwefeldampf ist eine Verbindung des Schwefels mit Sauerstoff, von den Chemikern schweflige Säure, SO_2, genannt. Manche Stoffe, wie Stroh, Wolle, Federn, Borsten, auf welche sich die bleichende Wirkung des Chlors nicht anwenden läßt, entfärben sich, wenn sie dieser gasförmigen Säure ausgesetzt werden.

Noch wichtiger ist jedoch eine sauerstoffreichere Verbindung des Schwefels, nämlich die Schwefelsäure, SO_3,HO, die vielfach unter dem ältern Namen Vitriolöl bekannt ist. Der grüne Vitriol, ein schwefelsäurehaltiges Mineral, diente nämlich früher ausschließlich zur Darstellung der Schwefelsäure, die deshalb, sowie wegen ihres ölartigen Aussehens die Benennung Vitriolöl erhielt. Diese ätzende und dadurch gefährliche Flüssigkeit ist ausgezeichnet durch die Energie, mit welcher sie mit andern chemischen Verbindungen, namentlich mit den Oxyden der Metalle, sich vereinigt. Sie ist hierdurch ein chemisches Agens von der größten Mächtigkeit und vielfachsten Anwendung, sodaß, abgesehen von wissenschaftlichen Zwecken, ganze Reihen der chemischen Fabrikation näher oder entfernter von der Mitwirkung der Schwefelsäure abhängig sind. In der That waren wir in unserer bisherigen Darstellung fast bei jedem der besprochenen Stoffe genöthigt, die Schwefelsäure zu Hülfe zu nehmen, die in dieser Beziehung an die Spitze der Chemie gestellt zu werden verdiente. Ihre Bereitung ist Gegenstand der großen Fabrikation geworden und geschieht, indem durch Verbrennung von Schwefel zuerst schweflige Säure, SO_2, erzeugt wird, zu welcher man salpetrige Säure, NO_3, und Wasserdampf leitet; die schweflige Säure entzieht der salpetrigen Säure ein Aequivalent

Sauerstoff, bildet damit SO_3 und unter Aufnahme von Wasser entsteht das Schwefelsäurehydrat, SO_3,HO. Der ganze Proceß wird in großen mit Blei bekleideten Räumen, sogenannten Bleikammern ausgeführt.

Die gasförmige Verbindung des Schwefels mit dem Wasserstoff, das Schwefelwasserstoffgas, SH, macht sich da, wo sie vorhanden ist, sogleich durch ihren nichts weniger als empfehlenswerthen Geruch bemerklich, der identisch mit dem der faulen Eier ist. Obgleich dieses übelriechende Gas giftig ist, so haben doch sehr geringe Mengen desselben, wenn es z. B. in Wasser gelöst als sogenanntes Schwefelwasser angewendet wird, eine entschieden heilsame Wirkung, besonders auf das Respirationssystem. Von seiten der Chemiker wird dieses Gas vielfach in der analytischen Chemie zur Abscheidung der Metalle aus Auflösungen angewendet, und dieser Umstand ist allerdings geeignet, die Chemie im vollen Sinne des Worts in übeln Geruch zu bringen.

Mit den Metallen bildet der Schwefel eine große Reihe von Verbindungen. Viele derselben, wie das Schwefeleisen, Schwefelkupfer, Schwefelblei u. s. w. finden sich als Minerale, in deren äußerm Ansehen durchaus der metallische Charakter vorherrscht. Einige derselben werden als werthvolle Erze zur Ausbringung der darin enthaltenen Metalle benutzt.

Die Verbindungen des Schwefels mit den leichten Metallen, wegen ihrer braunen Farbe Schwefellebern genannt, sind in Wasser löslich und in medicinischer Hinsicht bemerkenswerth, da sie zu den Schwefelbädern benutzt werden.

Für die Physiologie hat der Schwefel dadurch Bedeutung, daß er ein Bestandtheil gewisser Thier- und Pflanzenstoffe ist, wie z. B. des Eiweißes, der Nervensubstanz, des Klebers, des Käsestoffs, überhaupt aller solcher, die beim Faulen das übelberüchtigte Schwefelwasserstoffgas entwickeln.

Phosphor, $P = 31$. Der Phosphor wurde im Jahre 1669 dargestellt, und obwol er in weit geringerer Menge vorhanden ist als der Schwefel, so hat er doch gleich diesem eine sehr allgemeine Verbreitung, was schon daraus hervorgeht, daß jeder ausgewach-

jene Mann ungefähr sechs Pfund phosphorsauren Kalk in der Masse seiner Knochen mit sich herumträgt. Es soll sogleich gezeigt werden, woher dieser Phosphorgehalt stammt. Die Mineralogen unterscheiden zwar einige Dutzend verschiedene Minerale, welche Phosphorsäure enthalten, allein die Mehrzahl derselben gehört zu den mineralogischen Seltenheiten, wie z. B. der Türkis, ein Edelstein, der aus phosphorsaurer Thonerde besteht, himmelblau gefärbt durch Kupferoxyd. Am verbreitetsten ist noch der blaßgrüne Spargelstein oder Apatit, ein aus Phosphorsäure und Kalk bestehendes Mineral, im ganzen zwar nur spärlich, allein doch fast in jedem Boden in kleiner Menge. Beweis hierfür ist der Umstand, daß es kaum eine Bodenart gibt, die nicht eine, wenn auch geringe Ernte von Hafer, Gerste, Roggen oder Weizen zu ertragen im Stande wäre. Die Körner dieser Getreidearten enthalten aber ohne Ausnahme etwas phosphorsauren Kalk, welchen sie aus dem Boden aufgenommen haben. Durch diese vegetabilischen Nahrungsmittel geht der Phosphor in den Körper der Thiere über, deren ganzes Knochengerüste aus phosphorsaurem Kalke besteht, deren Gehirnsubstanz sogar phosphorhaltig ist und bei welchen wir überdies noch im Blute und Urin phosphorsaure Salze antreffen. Aus dem Gesagten erhellt dann die ungemein große Wichtigkeit des Phosphors für Oekonomie und Physiologie.

Durch seine Eigenschaften gehört der Phosphor überdies zu den merkwürdigsten einfachen Stoffen. Im Dunkeln leuchtend, in der Wärme der Hand schon schmelzend und sich entzündend, ist dieser gelblich durchsichtige Körper von wachsartiger Härte sehr gefährlich, und kann nur unter Wasser gesichert aufbewahrt werden. Wenn Phosphor in einem Gefäße, das man mit Wasserstoffgas angefüllt hatte, damit er nicht verbrennen kann, mehrere Stunden lang auf eine Temperatur von 200° R. erhitzt, so geht er in amorphen Phosphor über. Er bildet jetzt ein dunkelrothes, an der Luft ganz unveränderliches Pulver, welches man bis auf 200° R. erhitzen kann, ohne daß es sich entzündet. Niemand würde diese Substanz für Phosphor halten; und doch geht sie sogleich wieder in gewöhnlichen Phosphor über, sobald man sie auf 208° R. erhitzt.

Die leichte Entzündlichkeit hat Letzterem in neuerer Zeit die ausgedehnteste Anwendung zu den bekannten Zündhölzchen verschafft, durch welche die alte Quadrupelallianz von Stahl, Stein, Schwefel und Zunder vollkommen aufgelöst worden ist. Der Phosphor ist ein heftiges Gift; kleine Mengen desselben wirken, innerlich genommen, tödtlich. Der Gebrauch des Phosphors und der Phosphorsäure in der Medicin ist von untergeordneter Bedeutung. Noch muß das Phosphorwasserstoffgas angeführt werden, das bei einem kleinen Gehalt an Phosphordampf die merkwürdige Eigenschaft hat, sich an der Luft selbst zu entzünden, und, beiläufig gesagt, wie faule Fische stinkt.

Arsen, As = 75. Das Arsen ist grau, mit farbenspielendem Metallglanz. Beim Erhitzen verbreitet es einen heftigen Knoblauchgeruch und weiße Dämpfe. Diese letztern sind eine Verbindung des Arsens mit Sauerstoff, welche weißer Arsenik genannt wird und als das gefährlichste aller Gifte zu fürchten ist, weil es weder Geruch noch Geschmack hat und daher zu Vergiftungen misbraucht werden kann. Es ist jedoch gegen eine verbrecherische Anwendung des Arseniks durch strenge Ueberwachung des Verkaufs möglichst Vorsorge getroffen. Vergiftungen durch Arsenik sind in den meisten Fällen leicht zu entdecken und nachzuweisen. Es ist der analytischen Chemie in der That gelungen, kaum glaubliche Spuren von Arsenik in einer Speise oder in dem Darminhalte eines Vergifteten, selbst nach dessen Tode, mit voller Sicherheit nachzuweisen. Auch hat sich bei eintretender Erscheinung von Arsenikvergiftungen das Eisenoxydhydrat als ein wirksames Gegenmittel bewährt. Da die in gerichtlicher Verhandlung vorkommenden Vergiftungen fast ohne Ausnahmen Arsenikvergiftungen sind, so hat sich, namentlich seit dem Proceß der berüchtigten Madame Lafarge in Frankreich, das sorgfältigste Studium der Chemiker dahin gerichtet, die Anwesenheit des Arseniks unter den verschiedensten und schwierigsten Umständen nachzuweisen. Es hat sich in dieser Hinsicht ein ganzer Zweig der gerichtlichen Chemie, mit einer besondern Literatur ausgebildet. Wenn schon die Schärfe der Methode, die Zweckmäßigkeit der Apparate kaum etwas zu wünschen übrig lassen und in den Händen eines jeden Chemikers das Ziel nicht zu verfehlen versprechen, so lastet doch auf derartigen Unter-

suchungen eine so schwere Verantwortlichkeit, dieselben sind ferner leicht mit so eigenthümlichen, gar nicht dem Gebiet der Experimentalchemie, sondern der scharfsinnigen Auffassung eines Untersuchungsrichters angehörigen Nebenumständen verknüpft, daß nicht ein jeder mit gleichem Geschick und gleichem Erfolg einer derartigen Aufgabe sich gewachsen erweisen wird. Eine hierin erlangte Praxis ist in kritischen Fällen von großem Werthe und sollte von seiten des Gerichtshofs wo immer möglich herbeigezogen werden. Denn wie sehr diese die Grenze eines gewöhnlichen Beobachters überschreitet, möge aus dem nachfolgenden Beispiele hervorgehen, welche uns eine Autorität in diesem Gebiete, Medicinalrath und Professor Otto in Braunschweig, aus eigener Erfahrung mittheilt. Ein Mann war angeklagt, seine Frau vergiftet zu haben, mittels eines Tranks, von welchem ein Rest durch das Zerspringen eines Glases auf die Platte eines eisernen Ofens ausgegossen wurde. Es entstand vor Gericht die Frage, ob nach einem mittlerweile verflossenen Vierteljahr auf der Ofenplatte noch Arsenik aufzufinden sein werde, obgleich dieselbe von dem Angeklagten damals sofort abgewischt und seitdem geheizt worden war. Mehrere der zugezogenen Experten hielten dies für unmöglich, während es Otto gelang aus einer Messerspitze voll Rost, die er von jener Stelle des Ofens abgekratzt hatte, das Arsen auf das deutlichste und überzeugendste vor Augen zu legen. Der Arsenik hat Anwendung in der Färberei und Glasfabrikation, indem er leicht seinen Sauerstoffgehalt an andere Körper abgibt und daher als Oxydationsmittel dient. Im Mineralreiche findet sich das Arsen sehr verbreitet, nicht selten gediegen, meist jedoch mit Schwefel, Eisen, Kobalt, Nickel und andern Metallen verbunden. Seine Schwefelverbindungen werden als Farben und in der Feuerwerkerei zu dem brillanten bengalischen Weißfeuer verwendet. Hinsichtlich seines ganzen chemischen Verhaltens schließt sich das Arsen einerseits sehr nahe an den Phosphor und somit an die Metalloide an; andererseits zeigt es wieder so viel Aehnlichkeit mit dem Antimonmetall, daß es ganz auf dem Uebergangspunkte der beiden Gruppen der einfachen Körper steht und bald zur einen, bald zur andern gezogen wird.

Kieſel, Si = 21. Das Kieſel oder Silicium wurde erſt 1823 aus der Kieſelerde dargeſtellt. Es iſt im amorphen Zuſtande ein graubraunes Pulver, unlöslich, geruch- und geſchmacklos; durch eine erſt in letzter Zeit aufgefundene Methode iſt es gelungen, das Kieſel in kryſtalliniſchem Zuſtande darzuſtellen und zwar ſowol in Geſtalt von feinen Nadeln und graphitähnlichen Blättchen, als auch von kleinen octaëdriſchen Kryſtallen, die eine dunkel eiſengraue Farbe und eine ſolche Härte beſitzen, daß ſie Glas ritzen. An ſich wenig bedeutend, erlangt das Kieſel eine große Wichtigkeit durch ſeine Verbindung mit dem Sauerſtoff, SiO_3, welche **Kieſelſäure**, auch **Kieſelerde** heißt, und bei weitem den größten Theil der meiſten Minerale ausmacht, ſodaß nach dem Sauerſtoff das Kieſel als das in größter Maſſe vorhandene Element angeſehen wird. Die ſchönſte Form, in welcher die Kieſelerde auftritt, iſt die der waſſerhellen, ſechsſeitigen Säulen des Bergkryſtalls. Außerdem beſtehen alle Minerale, welche zur Familie des Quarzes gehören, wie z. B. der Achat, Chalcedon, Karneol, Feuerſtein, Amethyſt u. ſ. w., aus faſt reiner Kieſelſäure, die überdies noch die Hauptmaſſe alles Sandſteins und Sandes ausmacht. Allen dieſen Mineralen iſt eine große Härte eigen, ſodaß ſie am Stahle Funken geben. Man wird ſich billig wundern, daß ein ſo völlig geſchmackloſer Körper wie die Kieſelerde den Namen einer Säure erhalten hat. Allein wenn die Kieſelſäure in dieſer Hinſicht eine Ausnahme von den Eigenſchaften der Säuren macht, ſo ſtimmt ſie mit denſelben doch in ihrem Verhalten gegen die Metalloxyde überein. Sie bildet in der That mit dem Kali, Natron, Kalk, Bleioxyd und der Thonerde eine Reihe von äußerſt wichtigen neutralen Verbindungen, aus welchen die Maſſe des Glaſes, Porzellans, Steinguts und aller übrigen Thonwaaren beſteht. Die verſchiedenen Gewäſſer enthalten geringe Mengen von Kieſelſäure aufgelöſt, die alsdann von den Pflanzen aufgenommen wird, ſodaß ſie ein niemals fehlender Beſtandtheil in der Aſche derſelben iſt. Beſonders hinterlaſſen die Gräſer und Schachtelhalme beim Verbrennen eine ſehr kieſelreiche Aſche. Aus dieſem Grunde hat die Kieſelſäure Bedeutung für die Pflanzenphyſiologie.

Bor, Bo = 11. Das Bor gehört zu den seltenen Stoffen. Erst 1808 ist es in Form eines chocoladenfarbigen Pulvers aus der Borsäure abgeschieden worden. Auch das Bor wurde jüngst in diamantartigen Krystallen erhalten. Dieselben bilden gelbe oder röthliche quadratische Säulen mit Quadratoctaëdern von ausgezeichnetem Glanz und Lichtbrechungsvermögen. Es gleicht dem Diamant an Härte und greift ihn beim Reiben selbst an. Eine Aehnlichkeit zwischen Kohlenstoff, Kiesel und Bor ist in dieser Beziehung unverkennbar. Die Borsäure kommt im Mineralreiche theils als weißliches krystallinisches Pulver, theils mit Natron verbunden vor. Letztere Verbindung heißt Borax und wird beim Scheiden der edeln Metalle als Flußmittel benutzt. Ein charakteristisches Kennzeichen der Borsäure ist die schön zeisiggrüne Farbe, welche die Flamme des Weingeistes annimmt, wenn etwas Borsäure in demselben aufgelöst war.

11. Die Metalle und ihre Verbindungen; erste Abtheilung derselben: leichte Metalle.

Wir haben in dem Vorhergehenden die Betrachtung der nichtmetallischen einfachen Stoffe vollendet, und wenden uns zu der großen Reihe der Metalle. Es wird dem Leser bald auffallen, wie diese an sich und in ihren chemischen Verbindungen große Unterschiede in Vergleich mit den Metalloiden darbieten. Während bei letztern die Säuren und gasförmigen Verbindungen und die Beziehungen zu den organischen Körpern vorherrschten, werden wir bei den Metallen die alkalischen und färbenden Oxyde im Vordergrunde erblicken, welche die Basis der zahlreichen Klasse der Salze ausmachen. Die physiologische Bedeutung der Metalle, die sich nur auf wenige beschränkt, wird durch die große Wichtigkeit derselben in technischer Beziehung überboten. Man unterscheidet die Metalle in zwei Hauptgruppen, nämlich in leichte und in schwere Metalle. Eine allgemeinere Charakteristik beider werden wir nach der Beschreibung der leichten Metalle entwerfen. Für jetzt genüge es zu bemerken, daß man als leichte Metalle solche bezeichnet, deren Dichte

das Fünffache von der des Waſſers nicht erreicht, ja mehrere derſelben haben eine geringere Dichte als das Waſſer und ſchwimmen auf demſelben. Dieſe leichten Metalle ſind den Nichtchemikern weder von Anſehen noch dem Namen nach bekannt, denn man findet ſie niemals im unverbundenen, gediegenen Zuſtande und begegnet denſelben auch nicht in der Technik. Dagegen ſind die ſchweren Metalle nach ihrem Namen und äußern Weſen ziemlich bekannt.

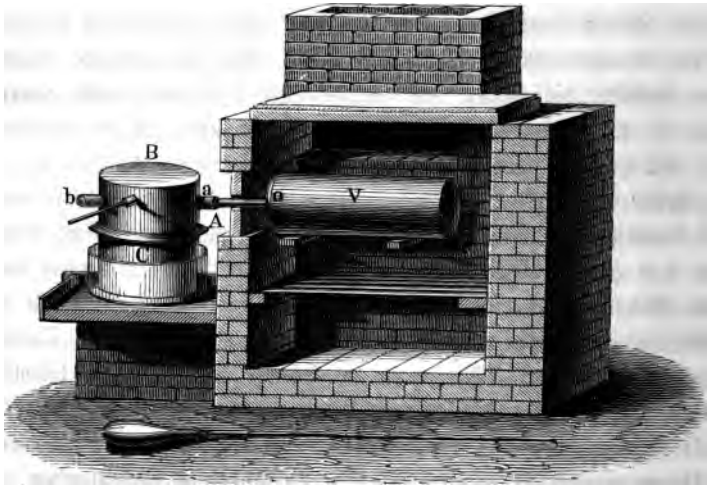
Leichte Metalle: Kalium, K = 39. Das Kalium wurde ſeit 1807 als Metall dargeſtellt. Seine Entdeckung gehört zu den glanzvollſten der neuern Zeit, und das Verdienſt derſelben muß der Phyſik zuerkannt werden. Ueber die chemiſche Zuſammenſetzung der Soda, der Pottaſche und des Kalks, dreier Stoffe des allgemeinſten, täglichen Verbrauchs, waren die Chemiker im Anfange dieſes Jahrhunderts noch in völliger Ungewißheit. Man wußte zwar, daß der Kalk durch Glühen zu Aetzkalk wird, und daß Soda und Pottaſche durch Behandlung mit gebranntem Kalk ebenfalls ätzende Eigenſchaften erhalten; allein die alſo dargeſtellten Körper, welche kauſtiſche, d. h. ätzende Alkalien genannt werden, konnte man nicht weiter zerlegen und betrachtete ſie daher als einfache, elementare Stoffe. Aus der Aehnlichkeit, welche dieſelben mit den Oxyden der Metalle beſonders in ihrem Verhalten gegen die Säuren darbieten, ſchloſſen indeſſen einige Chemiker ſchon damals in richtiger Weiſe auf einen Metallgehalt von Soda, Pottaſche und des Kalks, eine Anſicht, die wegen des mangelnden Beweiſes durch andere, von der Wahrheit entferntere Vermuthungen über die Beſtandtheile der Alkalien verdrängt wurde. Mittlerweile hatte in der Phyſik die Lehre von der Berührungselektricität oder dem Galvanismus eine beträchtliche Erweiterung erhalten. Es waren elektriſche Apparate von großer Mächtigkeit aufgeſtellt und ihre Wirkungen nach allen Richtungen verfolgt worden. Alsbald ergab es ſich, daß der elektriſche Strom ein mächtiges Trennungsmittel chemiſcher Verbindungen ſei. In der That wenn ein Körper, der aus zwei Elementen beſteht, zwiſchen die beiden Drähte gebracht wird, welche die Pole einer galvaniſchen Kette bilden, und ein ſtarker Strom durch denſelben geleitet, ſo trennen ſich ſeine Beſtandtheile voneinander, in-

dem der eine von dem positiven Pole und der andere von dem negativen Pole angezogen wird. Der Gedanke, diese zersetzende Wirkung der Elektricität auf die jedem andern Mittel widerstehenden Alkalien anzuwenden, wurde von dem überraschendsten Erfolge gekrönt. Als ein Stück ätzenden Kalis auf diese Weise behandelt wurde, so kamen an dem negativen Poldrahte kleine, silberglänzende Kügelchen zum Vorschein, und es war der metallische Bestandtheil der Pottasche entdeckt, nämlich das Kalium.

Nachdem dieses Metall einmal bekannt war, wendete sich das Bestreben der Chemiker nach einer ergiebigen Darstellungsmethode desselben. Die jetzt übliche Methode besteht darin, daß ein Gemisch von gereinigter Pottasche und Kohle in einem eisernen Gefäße der Weißglühhitze ausgesetzt wird. Bei dieser Temperatur verflüchtigt sich das Kalium in Form eines grünen Dampfes, der in einer geeigneten Vorrichtung sich verdichtet.

Mit Hülfe der untenstehenden Abbildung (Fig. 12) versuchen wir es, dem Leser diese Darstellung näher zu beschreiben. In einem zu diesem Zwecke besonders construirten Ofen, welcher einen sehr starken Zug haben muß, zur Erzeugung der höchsten Hitzgrade,

Fig. 12.



wird der Destillirapparat V gebracht. Man bedient sich hierzu cylindrischer Gefäße von Schmiedeeisen, sogenannter Queckſilberflaſchen, in welchen das Queckſilber aus Amerika zu uns transportirt wird. In die Oeffnung einer solchen, bei o läßt man eine Schraube einſchneiden, sodaß hier ein Stück von einem eisernen Flintenlauf eingeschraubt werden kann, welcher gewissermaßen den Hals der Retorte bildet. Nachdem letztere mit dem erforderlichen Gemisch von Kohle und Pottasche gefüllt worden ist, wird die vordere Wand des Ofens zugemauert, sodaß nur das eiserne Rohr herausragt und dann ein rasch gesteigertes Feuer gegeben. Bei eintretender Weißglühhitze findet im Innern der Retorte die chemische Zersetzung statt. Wir haben Pottasche, d. i. kohlensaures Kaliumoxyd = KO,CO_2, vermengt mit Kohle; die letztere verbindet sich mit dem Sauerstoff des Kaliumoxyds zu Kohlenoxydgas = CO, welches sammt der Kohlensäure entweicht, während gleichzeitig die Dämpfe des frei gewordenen Kaliums sich erheben und den innern Raum der Retorte erfüllen.

(Kaliumoxyd + Kohlensäure) + Kohle = Kalium; Kohlenoxyd; Kohlensäure

$$(KO + CO_2) + C = K; \quad CO; \quad CO_2.$$

Es läßt sich dieser Zeitpunkt erkennen, wenn man durch das Rohr in die Retorte hineinsieht und diese mit grünlichem Dampf erfüllt findet. Führt man einen eisernen Stab oder Draht einen Augenblick durch die Oeffnung in die Retorte ein, so zeigt sich derselbe beim Herausziehen wie versilbert, indem er mit Kalium überzogen ist, das sich auf demselben verdichtet hat. Man steckt jetzt an die Mündung des Rohrs eine Vorrichtung von Kupferblech B, welche zur Hälfte mit Steinöl gefüllt ist, und in welcher sich die durch das Rohr passirenden Dämpfe von Kalium abkühlen und verdichten. Das Metall sammelt sich in dieser Vorlage in Gestalt von erbsengroßen Kugeln von grauschwarzer Farbe an, die durch nachherige Destillation vollends gereinigt werden. Verschiedene Umstände tragen dazu bei, diese Arbeit beschwerlich, gefährlich und kostspielig zu machen. Indem das Kalium in der Rothglühhitze mit dem Kohlenoxydgas eine Verbindung von schwarzer Farbe bildet, welche

leicht das Rohr verstopft, entstanden mehrfach sehr gefährliche Explosionen. Man suchte daher durch den bei b eingeführten Bohrer stets den Weg offen zu halten. Ganz besonders aber leidet die eiserne Flasche in dieser enormen Hitze sehr schnell Noth und wird mitunter schon vor Ende der ersten Operation unbrauchbar. Es hat diese Fabrikation in der neuern Zeit jedoch bedeutende Fortschritte gemacht. Dadurch, daß man jetzt ganz flache eiserne Gefäße zur Verdichtung des Kaliums anwendet, wodurch sich dieses rascher und vollständiger abkühlt, wird einestheils die Ausbeute vergrößert; die Retorten aber hat man durch einen Ueberzug von Borax gegen den zerstörenden Einfluß der heißen Luft zu schützen gelernt und anstatt der Quecksilberflaschen verwendet man röhrenförmige Behälter von Schmiedeeisen, deren mehrere durch dasselbe Feuer erhitzt werden. Infolge dessen ist die Production wesentlich gefördert worden. Ein Pfund kohlensaures Kali liefert ungefähr $^1/_4$ Pfund rohes Kalium, wovon bei der Reinigung etwa ein Drittel in Abgang kommt.

Die Eigenschaften des Kaliums, als eines metallischen Körpers, sind in hohem Grade merkwürdig. Man ist gewöhnt, bei dem Worte Metall an einen glänzenden, zugleich aber schweren, dichten und harten Körper zu denken, an ein im Allgemeinen höchst dauerhaftes Material. Von diesen charakteristischen Merkmalen der Metalle hat das Kalium allein den schönen Silberglanz; dagegen ist es so leicht, daß es auf dem Wasser schwimmt, und so weich, daß es sich kneten und mit einem Messer zerschneiden läßt. Allein nicht gering war anfänglich die Verlegenheit hinsichtlich der Aufbewahrung dieses Metalls; denn das Kalium verbindet sich so außerordentlich leicht mit Sauerstoff, daß es, an der Luft liegend, denselben schnell aus dieser aufnimmt und in weißes Kaliumoxyd übergeht. Man pflegt daher das Kalium in Steinöl aufzubewahren, einer Flüssigkeit, die aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht und keinen Sauerstoff enthält und aus diesem Grunde bringt man dieselbe Flüssigkeit auch in das Gefäß, worin sich bei der vorhin beschriebenen Bereitung des Kaliums dessen Dämpfe verdichten. Bei weitem die auffallendste Erscheinung tritt jedoch ein, wenn ein Stückchen Kalium auf Wasser geworfen wird. Augenblicklich entzündet

sich dasselbe und fährt zischend, mit violetter Flamme brennend, auf dem Wasser umher. Wir wissen von früher her, daß das Wasser eine Verbindung von Sauerstoff mit dem brennbaren Wasserstoff ist. Die nähere Erklärung jenes Vorgangs ist nun folgende: Das Kalium verbindet sich mit dem Sauerstoff des Wassers so energisch, daß die hierdurch entstehende Erhitzung den freiwerdenden Wasserstoff entzündet, dessen Flamme durch etwas verdampfendes Kalium violett gefärbt wird.

Es erschien angemessen, die Geschichte dieses Metalls mit einiger Ausführlichkeit zu geben, einestheils wegen der interessanten Eigenschaften desselben an sich, anderntheils, weil das hier Gesagte bis auf geringe Abweichungen auch für das folgende Metall, das Natrium, gilt, und weil an die Entdeckung des Kaliums sich alsbald die Darstellung der Metalle reihte, welche in der Kalkerde, Barytерde, Strontianerde, Bittererde und in der Thonerde enthalten sind. Man erhält die in diesen Erden enthaltenen Metalle, indem man auf deren Verbindungen mit Sauerstoff oder Chlor oder Fluor entweder Kalium oder Natrium einwirken läßt. Diese Metalle der Erden, welche Calcium, Barium, Strontium, Magnesium und Aluminium genannt worden sind, haben wie das Kalium Silberglanz und mit Ausnahme des letztern geringe Härte. Sie sind jedoch etwas schwerer als Wasser, mit dessen Sauerstoff sich die ersten vier verbinden ohne Entzündung des freiwerdenden Wasserstoffs.

Das Kalium als Metall hat außer der eben angeführten Anwendung zu chemischen Zersetzungen keine weitere von technischer Wichtigkeit. Um so bedeutender ist dagegen der Gebrauch vieler seiner Verbindungen. Charakteristisch für die Oxyde des Kaliums, sowie der meisten leichten Metalle, ist ihre Löslichkeit in Wasser, ihr laugenhafter Geschmack, ihre ätzende Wirkung gegen Pflanzen- und Thierstoffe, und die Eigenschaft, mit den Fetten lösliche Verbindungen, die sogenannten Seifen, zu bilden.

Daher die Anwendung des kohlensauren Kalis, das bekannter unter dem Namen der Pottasche ist, sowie der Aschenlauge zum Waschen und in der Seifenfabrikation, und des Aetzkalis in der Chirurgie. Das Kaliumoxyd, das den kürzern Namen Kali führt,

ist der Entdecker dieses letztern von dessen abführender Wirkung so überrascht worden, daß er es das Wundersalz, Sal mirabile, nannte.

Für die Pflanzenwelt erscheint das Natrium von weniger allgemeiner Bedeutung als das Kalium. Einige wenige Küstenpflanzen nehmen es indessen reichlich auf, sowie alle im Meere befindlichen Gewächse, deren Masse allerdings höchst beträchtlich ist. Beim Verbrennen liefern diese Pflanzen eine Asche, die fast ganz aus Soda besteht, sodaß letztere früher ausschließlich auf diese Weise erhalten wurde.

Calcium, Ca = 20. Das Calcium ist das Metall des bereits mehrfach erwähnten Kalks oder Calciumoxyds = CaO, und unterscheidet sich von den beiden vorhergehenden Metallen durch eine hellgelbe Farbe, sowie durch ein größeres specifisches Gewicht = 1,58; es zersetzt gleich jenen das Wasser, jedoch ohne Entzündung. Mit Kohlensäure verbunden (CaO,CO_2) ist der Kalk ein verbreitetes Mineral, das in sehr verschiedenen Formen, unter verschiedenen Namen sich findet. Dahin gehören der schön krystallisirte Kalkspath, der weiße, körnige Marmor von Paros und Lipari, dieses unvergleichliche Material für die Hand des bildenden Künstlers, und die bunten Arten des Marmors, die so vielfache Verwendung finden. Erdig und abfärbend bildet der kohlensaure Kalk unser nützliches Schreibmaterial, die Kreide, während aus harten Kalkplatten, vom feinsten Korn, die geschätzten lithographischen Steine bestehen. Den Schluß dieser Kalksorten bildet dann der gemeine Kalkstein, der nach seiner Wanderung durch die Glut des Kalkofens das Bindemittel zu unsern Bauwerken, den Mörtel abgibt. Alle diese Kalke geben, wie dies schon früher sehr ausführlich erörtert wurde, ihre Kohlensäure in der Glühhitze ab, und gehen dadurch in ätzenden, mit Wasser löschbaren Kalk über. Derselbe bildet, mit Wasser angerührt, eine trübe weiße Flüssigkeit, die sogenannte Kalkmilch, welche zum Uebertünchen der Wände dient. Von weitern Verbindungen des Kalks heben wir den schwefelsauren Kalk, kürzer Gyps genannt, hervor = CaO,SO_3, der uns eine leichte Ausführung treuer Copien plastischer Kunstwerke gestattet. Mit

Kieſelſäure verbunden, iſt der Kalk Beſtandtheil des gewöhnlichen Bouteillenglaſes, des Milchglaſes und vieler Minerale. Der phosphorſaure Kalk bildet die harte Maſſe unſers Knochengerüſtes. Die Verbindung des Kalks mit Chlor, der ſogenannte Bleichkalk oder Chlorkalk, iſt ein in den Kattunfabriken ſowie auch anderwärts zur Bleichung in großer Menge verwendetes Material.

Das Geſagte überzeugt uns leicht von der großen und allgemeinen Wichtigkeit des Kalks in techniſcher Beziehung. Allein auch für das Thier- und Pflanzenleben haben wir den Kalk als einen der einflußreichſten mineraliſchen Stoffe anzuſehen. Neben Kali macht der Kalk den Hauptbeſtandtheil der Pflanzenaſchen aus, und für die Entwickelung mancher Pflanzenarten und Pflanzentheile, wie z. B. des Klees und der Getreidekörner, erſcheint derſelbe unentbehrlich. Ganze Thierklaſſen bilden aus kohlenſaurem Kalk ihre Gehäuſe, die Schalen ihrer Eier, und aus phosphorſaurem Kalke ihre Knochenmaſſe.

Barium, Ba = 68,6. Das Barium iſt im Jahre 1808, gleichzeitig neben dem Calcium und Strontium, mittels der Volta'ſchen Batterie dargeſtellt worden. Es hat eine gelbliche Farbe und ſeine Dichte muß nahezu das Zweifache von der des Waſſers ſein, da es in Schwefelſäure unterſinkt. Die chemiſchen Verbindungen des Bariums zeichnen ſich vor andern Verbindungen dieſer Körpergruppe durch ein auffallend größeres ſpecifiſches Gewicht aus, weshalb auch dieſes Metall ſeinen Namen von dem griechiſchen „βαρύς", d. i. „ſchwer" ableitet. Im Vergleiche mit den ſeither genannten erſcheint ſeine Bedeutung mehr untergeordnet. Das ſchwefelſaure Bariumoxyd, BaO,SO_3, ein unter dem Namen Schwerſpath bekanntes Mineral, wird, fein gemahlen, in ähnlicher Weiſe als Farbe benutzt wie das Bleiweiß und iſt unter dem Namen „blanc fix" ein ganz bedeutender Gegenſtand des Verbrauchs geworden. Sehr charakteriſtiſch iſt es jedoch, daß eine Flamme eine ſchöne zeiſiggrüne Färbung erhält, wenn etwas ſalpeterſaurer Baryt in dieſelbe gebracht wird, weshalb dieſes Salz Anwendung in der Kunſtfeuerwerkerei findet.

Strontium, Sr = 43,9. Das Strontium iſt ebenfalls faſt

nur den Feuerwerkern von technischem Interesse, denn das salpetersaure Strontiumoxyd wird von diesen zur Darstellung eines prachtvollen rothen Feuers benutzt. Das Strontium ist dadurch im vollen Sinne des Worts zu einer Rolle auf der Bühne berufen und ihm ist der rothe Feuerschein in der „Stummen von Portici" sowie in vielen andern unserer effectreichen Prunk- und Spectakelstücke zu verdanken.

Magnesium, Mg = 12. Das Magnesium ist verbreiteter und wichtiger als die beiden vorhergehenden Metalle. Seine Verbindungen zeichnen sich durch Bitterkeit des Geschmacks und medicinische Wirksamkeit aus. Daher hat sein Oxyd den Namen Bittererde, und dessen Verbindung mit Schwefelsäure den des Bittersalzes erhalten. Dieses abführend wirkende Salz ist Bestandtheil vieler Mineralquellen, wie der von Epsom, Saidschütz, Kissingen u. s. w. Auch das Meer enthält Bittererdesalze, und sein Wasser hat daher den bitterlich-salzigen Geschmack. Im Mineralreich ist die Bittererde sehr verbreitet; dem Kalk beigesellt, bildet sie den Dolomit, ein über ganze Gebirgszüge sich erstreckendes Gestein; mit Kieselsäure verbunden ist sie in einer großen Reihe von Mineralen enthalten, wie z. B. im Talk, Meerschaum, Serpentin, Asbest, Olivin, Augit und in der Hornblende. Neben dem Kalke trifft man in vielen Pflanzentheilen auch die Bittererde an, so namentlich mit Phosphorsäure verbunden in den Cerealien. Ebenso enthalten manche thierische Concretionen und Secretionen, z. B. Knochen und Harn, Bittererdesalze.

Aluminium, Al = 13,6. Das Aluminium ist im vollen Sinne das Metall der Gegenwart, das Metall des Tages; ob es auch das Metall der Zukunft sein werde, ist gerade jetzt Gegenstand der auf seine Fabrikation gerichteten vielseitigen und großartigen Bemühungen. Viele Leser erinnern sich vielleicht noch, in den Berichten über die pariser Industrieausstellung vom Jahre 1855 als eine Art von Curiosum gelesen zu haben, daß neben der unendlichen Auswahl von glänzenden Gegenständen des Luxus aller Art ein kleines silberähnliches Besteck, bestehend aus Messer, Gabel und Löffel, ein ganz besonderes Interesse erregt habe. Die meisten Be-

ſucher und Leſer erfuhren bei dieſer Gelegenheit zum erſten male, daß in der Welt ein eigenthümliches Metall exiſtire, mit Namen **Aluminium**, und daß jenes Beſteck aus dieſem Metalle verfertigt worden ſei und gerade deshalb ſo merkwürdig erſcheine. Woher kommt denn auf einmal dieſes Metall? mochte da häufig die Frage aufgeworfen werden; in welchen Minen und Bergwerken iſt die glückliche Ader ſeiner Erze aufgefunden worden? Wir antworten: überall wo du gehſt und ſtehſt auf Gottes Erdboden, trittſt du dieſes Metall mit Füßen; der Topf in deiner Küche, dein Teller, deine Taſſe, ja jeder Ziegel in Dach und Fach enthält dieſes Metall, denn es iſt der Hauptbeſtandtheil der Thonerde, dieſer weit verbreiteten Erdart, die auch Alaunerde oder Alumina genannt wird, woher denn unſer Metall den etwas ſchleppenden Namen Aluminium ererbt hat. Nach Abkunft wäre dieſes alſo einer der gemeinſten Stoffe und ſollte zugleich einer der wohlfeilſten ſein. Allein hier ſtoßen wir auf einen Widerſpruch: das Aluminium iſt bisjetzt wenigſtens noch ſehr theuer, ungefähr anderthalbmal ſo theuer als Silber, ein Preis, der ſeine Erklärung in der koſtſpieligen Darſtellung deſſelben hat.

Bereits im Jahre 1827 war es gelungen, das Aluminium zu iſoliren. Man bereitete zuerſt aus der Thonerde Chlor-Aluminium und indem man dieſes mit Kalium oder Natrium erhitzte, traten dieſe Metalle an das Chlor und das Aluminium wurde in Geſtalt glänzender Metallkügelchen ausgeſchieden. In neueſter Zeit wurde nun dahin geſtrebt, dieſes Metall, das bisher nur im Cabinet des Chemikers zu ſehen war, in größerer Menge darzuſtellen und der techniſchen Verwendung zugänglich zu machen. Hierzu bedurfte man vor allem großer Mengen von Kalium oder Natrium und es richteten ſich die Bemühungen zuerſt auf eine wohlfeilere und fabrikmäßige Darſtellung dieſer bisher nicht in Maſſe verwendeten Metalle. Dieſe Verſuche waren nicht erfolglos und namentlich wird gegenwärtig das Natrium faſt mit der Leichtigkeit und Sicherheit deſtillirt wie Waſſer. (Vergl. S. 98.) Auch wurde ein Rohmaterial aufgefunden, welches die mühſame Bereitung des Chlor-Aluminiums erſpart. In Grönland kommt reichlich der Kryolith vor, aus Fluor-

Aluminium und Fluor-Natrium bestehend; durch Erhitzen mit Natrium wird das Aluminium aus demselben geschieden.

Betrachten wir das auf diese Weise gewonnene Metall, so zeigt es einen lebhaften und schönen Silberglanz, obwol es, mit Silber verglichen, etwas bläulich erscheint. Es besitzt große Härte und Festigkeit, läßt sich feilen, hämmern, walzen und in Draht ausziehen: alles dem Silber ziemlich ähnlich. Aber nun kommt ein merkwürdiger Unterschied! Nimmt man ein Stück von diesem Metall in die Hand, so glaubt man einen Körper von Holz zu haben, so gering ist sein Gewicht. In der That ist seine Dichte gleich 2,5, also nur zwei und ein halb mal größer als die des Wassers; sie beträgt nahezu nur den vierten Theil von der des Silbers. Ein Pfund Aluminium ist daher eine viermal so große Masse, als ein Pfund Silber, es könnten daraus z. B. viermal so viel Löffel gleicher Größe gefertigt werden, als aus einem Pfund Silber, ein Umstand, der wol zu berücksichtigen ist, wenn es sich um eine vergleichende Beurtheilung der Preise beider Metalle handelt. Hat nun dieses leichte, silbergleiche Metall einen Werth für die Technik? Diese Frage wird sich erst entscheiden, wenn größere Massen desselben auf dem Markte erscheinen; vorerst muß seine Verwendung noch gesucht werden. Sicherlich wird sie nicht ausbleiben. Leichtigkeit, Festigkeit und Glanz erscheinen als eine wichtige Combination schätzenswerther Eigenschaften. Unsere Schätze in baarem Metall z. B. würden uns weniger drücken, wenn sie aus Aluminium gemünzt wären; in Frankreich sollen die kaiserlichen Adler der Regimenter aus Aluminium angefertigt werden, hoffentlich nicht deshalb, um ihren Flug zu erleichtern. Es würden dann allerdings bei weiterer Verbreitung dieses Metalls manche althergebrachte Begriffe eine sonderbare Umkehrung erleiden. Bei Anwendung desselben zu Tafelgeschirr würde bei Beschreibung eines glanzvollen Gastmahls nicht mehr die Rede sein, von dem Reichthum an „schwerem Silber", sondern an „leichtem Aluminium"! Thatsache ist es, daß nach den schätzenswerthen Mittheilungen von Schrötter gegenwärtig in Paris bereits an 600 Personen sich mit der Verarbeitung des Aluminiums beschäftigen, daß drei Fabriken der steigenden Nachfrage

kaum zu genügen vermögen, und daß in nicht ferner Zeit ein Sinken seines Preises auf 50 Franken für's Pfund zu erwarten sein dürfte.

Der mehrfache Tadel, den bis jetzt das Aluminium bei seiner Verarbeitung sich zugezogen hat, scheint vorzüglich auf dem Mangel vollkommener Reinheit zu beruhen; wesentlich auch darin, daß alle Metalle in ihrer technischen Behandlung gewisse Eigenthümlichkeiten und Schwierigkeiten darbieten, welche die Erfahrung nur allmählich kennen und überwinden lernt. Ganz vorzüglich willkommen würde die Einführung dieses leichten Metalles sein, in die Construction physikalischer und mathematischer Instrumente, sowie zu Gegenständen militärischer Ausrüstung.

Wenden wir uns nun zu den Verbindungen des Aluminiums, so bietet dessen Besprechung für den Unbewanderten eine gewisse Schwierigkeit wegen der für sie üblichen Benennungen. Man wird überhaupt im Verlaufe der Darstellung bemerkt haben, daß für die meisten chemischen Verbindungen zweierlei Namen bestehen, wovon der eine gewissermaßen der Sprache des Verkehrs entnommen ist, während der andere sich auf die chemische Zusammensetzung bezieht und diese ausdrücken soll. Die erstere Benennung ist daher als eine empirische, die letztere als die theoretische anzusehen. Dieser Umstand ist für den Lernenden sehr verwirrend, zumal da in verschiedenen chemischen Werken bald die eine, bald die andere Bezeichnung angewendet wird. Man könnte mit Recht von den Chemikern verlangen, daß sie hierin sich vereinigten und einer streng wissenschaftlichen Nomenclatur sich bedienten. Allein hier stellen sich unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Erstlich, wer soll in einer Wissenschaft, die der Welt angehört, die dictatorische Macht ausüben und die Namen ertheilen? Natürlich kann dies nur von einer wissenschaftlichen Größe ersten Ranges geschehen, und in der That hat Berzelius eine Nomenclatur aufgestellt, welche für einen großen Theil der chemischen Verbindungen ausreicht und allgemeine Geltung erlangt hat. Allein stets wird es Reihen chemischer Verbindungen geben, über deren Zusammensetzung noch Ungewißheit oder ganz verschiedene Ansichten herrschen, und in der Praxis wür-

den die langen, wissenschaftlichen Benennungen sich unbequem handhaben lassen. Daher gebraucht selbst Berzelius in den meisten Fällen die gemeinhin üblichen Namen, z. B. Wasser anstatt Wasserstoffoxyd, und Kalk anstatt Calciumoxyd, ferner Kochsalz anstatt Chlornatrium, und Gyps anstatt schwefelsaures Calciumoxyd u. s. w.

Wir haben ja erfahren, daß die Chemiker überdies eine Zeichensprache haben, wodurch sie die Zusammensetzung eines Körpers viel kürzer und genauer auszudrücken im Stande sind als durch Worte.

So hat denn auch das Oxyd des Aluminiums $= Al_2O_3$ den Namen der Thonerde behalten, die in der Natur in so verschiedenen Zuständen sich vorfindet, daß wir des Contrastes von Kohle und Diamant uns erinnern. Denn Edelsteine, die den ersten Rang nach dem Diamant einnehmen, wie der Saphir und Rubin, bestehen ebenso aus reiner Thonerde wie der Smirgel, ein gemeines unscheinbares Mineral, das nur durch große Härte sich auszeichnet und deshalb zum Poliren des Stahls verwendet wird. Die auf chemischem Wege abgeschiedene reine Thonerde ist eine weiße, unschmelzbare, an der Zunge stark anklebende Masse.

Am wichtigsten erscheint uns die Verbindung der Thonerde mit der Kieselsäure (Al_2O_3, SiO_3), welche Thon genannt wird, und leicht tritt der Fall ein, daß die Aehnlichkeit der Namen Thonerde und Thon diese beiden Körper verwechseln läßt, die, wie obige Formeln zeigen, eine sehr verschiedene Zusammensetzung haben.

Der Thon ist Bestandtheil einer großen Familie von Mineralen, durch deren Verwitterung er in den Ackerboden übergeht, welchem seine Anwesenheit die unschätzbare Eigenschaft verleiht, das Wasser aufzusaugen und zurückzuhalten. Der von dem Landbauer so werthgehaltene Mergelboden ist in der That ein Gemenge von Thon und Kalk in geeignetem Verhältnisse, denn ein allzu großer Gehalt des erstern verleiht dem Boden zu viel Feuchtigkeit und Festigkeit, sodaß er nur eine dürftige Vegetation erträgt.

Die Porzellanerde besteht aus einem reinen, ungefärbten Thone, welches kostbare Material nur selten in einzelnen Gegenden sich fin-

t, während der Pfeifenthon häufiger ist. Lehm oder Letten heißt r durch Eisenoxyde gelb, roth oder grau gefärbte, sehr allgemein rbreitete Thon, und die bekannte Verwendung der genannten Thonten zu Geschirren aller Art, von den Kunstwerken der Manucturen von Berlin, Sèvres und Meißen bis zu den berußten öpfen unserer Küchen, lassen den Werth dieses Materials sehr s Auge fallen.

Noch haben wir eine Verbindung der Thonerde anzuführen, e insofern einzig in ihrer Art ist, als sie eine prachtvolle Farbe fitzt: eine Eigenschaft, die bei den Verbindungen der leichten Melle eine seltene Ausnahme bildet, da diese fast sämmtlich farblos id. Es ist dies das Ultramarin, eine schöne blaue Farbe, ren Geschichte uns so anziehend erschien, daß wir dieselbe zum egenstand einer besondern Darstellung im spätern Theile dieses erks gemacht haben. Wir bemerken hier blos, daß das Ultraarin eine Verbindung von kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem atron mit Schwefelnatrium ist.

Ein eigenthümliches Verhalten zeigt die Thonerde gegen die flanzenfarben und die pflanzliche Faser, indem sie mit beiden in asser unlösliche Verbindungen bildet. Sie ist dadurch in der ärberei der unentbehrliche Vermittler zwischen derselben geworden, dem z. B. Baumwollenzeuge zuerst in eine Thonerdelösung, die genannte Beize, und nachher in die Abkochung eines Farbholzes bracht und hierdurch dauerhaft gefärbt werden. Zu dieser Verendung in der Färberei dient in der Regel der Alaun, eine Verndung von schwefelsaurer Thonerde mit schwefelsaurem Kali (S. 45), id überdies ausgezeichnet durch seine schöne Krystallform.

Ueberblicken wir nochmals die ganze Gruppe der leichten Melle, so läßt sich eine allgemeine Charakteristik derselben entwerfen nd den schweren Metallen vergleichend gegenüberstellen.

Die leichten Metalle sind silberglänzende Körper von geringer ichte und Härte, die im metallischen Zustande keine erhebliche techsche Verwendung haben. Ihre Verbindungen mit Sauerstoff sind

zum größern Theile in Wasser lösliche starke Basen von alkalischem Geschmack und bilden mit den Säuren wohlcharakterisirte Salze, die in Wasser ebenfalls meist leicht löslich sind. Mit Chlor, Brom, Jod und Cyan bilden die leichten Metalle lösliche krystallisirbare Verbindungen, welche in ihren äußern Eigenschaften ganz den Salzen gleichen und Haloïdsalze genannt werden. Bemerkenswerth ist es, daß alle diese Verbindungen farblos sind. Nur bei den Verbindungen der leichten Metalle mit Schwefel, die starke Basen sind, begegnen wir der gelben Farbe. Mit Ausnahme der Barytsalze zeigt keine dieser Verbindungen eine giftige Wirkung. Ihrer medicinischen Wirksamkeit erinnert man sich bei den Namen Aetzkali, salpetersaures Kali, Jodkalium, Schwefelkalium oder Schwefelleber, Chlornatrium, doppelt kohlensaures Natron, Bittererde, Bittersalz, Glaubersalz, indem diese die gebräuchlichsten derselben sind. Die technische Bedeutung der Verbindungen leichter Metalle knüpft sich an die Namen von Pottasche, Soda, Salpeter, Kochsalz, Glas, Kalk, Marmor, Bleichkalk, Thon, Porzellan, Alaun und Ultramarin. In Hinsicht auf Ackerbau erinnern wir, daß dieselben in Verbindung mit Kieselsäure die Hauptmasse dessen ausmachen, was wir Erde, Boden und Gestein nennen. Die Verbindungen leichter Metalle stehen in wichtiger Beziehung zum Pflanzen- und Thierleben, und als vegetabilische Nahrungsmittel haben wir anzuführen das Kali, Natron, den Kalk, und die Bittererde, während Kochsalz, Kalk und Bittererde unentbehrlich für die animalische Ernährung sind.

12. Schwere Metalle und ihre Verbindungen.

Die schweren Metalle sind glänzende Körper, deren Farbe jedoch die Unterschiede von silberweiß, grauweiß, grau bis grauschwarz, gelblich, gelb und roth darbietet, und es erscheint hierdurch schon angedeutet, daß wir diese Metalle als die färbenden Principien der unorganischen Materie anzusehen haben. Dieselben besitzen eine große Dichte und Härte, und auf diese Eigenschaften gründet es sich, daß sie ihre Hauptanwendung in der Technik im

metallischen Zustande finden. Hierher ist namentlich auch die wichtige Rolle zu zählen, welche sie als Erreger und Leiter der Elektricität spielen. Der größere Theil ihrer Verbindungen mit Sauerstoff, Chlor und Schwefel ist in Wasser unlöslich; die löslichen haben einen eigenthümlichen, unangenehmen Geschmack, den sogenannten Metallgeschmack, und fast alle besitzen eine entschiedene, lebhafte Farbe. Sie ertheilen den Gesteinen und Erden die Farbe, während die leichten Metalle deren Masse bilden. So sind es Eisen und Mangan, von welchen die gelben, braunen und rothen Färbungen herrühren, während Blau und grün die Charakterfarben der Kupfer-, Kobalt- und Chromverbindungen sind.

Die Verbindungen der schweren Metalle äußern eine den Pflanzen- und Thierkörpern nicht zusagende, in der Regel sogar nachtheilige, giftige Wirkung, in welcher Beziehung namentlich Blei, Zink, Antimon, Kupfer und Quecksilber hervorzuheben sind. Andererseits bilden mehrere derselben eben durch diese energische Reaction auf die Function der Organe in geringen Gaben Arzneimittel von unschätzbarer Wirksamkeit. In der Technik sind es abermals die färbenden Qualitäten, welche die Verbindungen der schweren Metalle in jeder Art der Malerei sowie in der Färberei von Wichtigkeit erscheinen lassen. Namen, wie Grünspan, Röthel, Ocker, Berlinerblau, Zinnober, Bleiweiß, Mennige erinnern sogleich an die Gebräuchlichkeit solcher Metallfarben.

Auffallend erscheint dagegen die geringe Bedeutung der schweren Metalle für die pflanzliche und thierische Lebensverrichtung. Zwar finden sich in den Pflanzenaschen Eisen und Mangan als selten fehlende Bestandtheile, allein in so äußerst geringer Menge, daß ihre Anwesenheit als eine zufällige erscheint. Im Thierkörper ist dagegen das Eisen, als Bestandtheil des Blutes, das einzige überhaupt und mit Bedeutung auftretende schwere Metall.

Es hängt bekanntlich ganz von den Eigenschaften der Metalle ab, welche Anwendung wir denselben geben, und Härte, Dehnbarkeit, Glanz, Unveränderlichkeit an der Luft und die Schmelzbarkeit bestimmen es, ob ein Metall zu Werkzeugen, schneidenden Instrumenten, Platten und Draht, zu Gußwerken oder Schmiede-

ſachen zu gebrauchen ſei. Auch laſſen ſich durch Verſchmelzung mehrerer Metalle die Eigenſchaften derſelben beſtimmten Zwecken entſprechend ausgleichen. Solche Metallgemiſche, die man Legirungen nennt, ſind z. B. das Meſſing, aus Zink und Kupfer, und die Bronze, aus Zinn und Kupfer beſtehend.

Wir laſſen nun in der nähern Charakteriſtik die unedeln Metalle den edeln vorausgehen.

Eiſen, Fe = 28. Das Eiſen mag nicht mit Unrecht an die Spitze der Metalle geſtellt werden, in einer Zeit, die trotz aller aus Californien und Neuſüdwales neu zuſtrömenden Goldmaſſen mit größerm Rechte als das eiſerne Zeitalter zu bezeichnen iſt. Denn immer mehr wird die Erde eingeſponnen in ein Netz von eiſernen Schienen, und ſelbſt die unſtete Flut wird vom Eiſen beherrſcht, das in Geſtalt von Bogenſtrebungen, Kettengehängen und röhrenförmigen Brücken entfernte Ufer verbindet und, zum Kiele eiſerner Schiffe geformt, die Wogen der Meere durchſchneidet. Es iſt bemerkenswerth, daß im hohen Alterthume das Eiſen zwar ſchon bekannt war, bei Griechen und Römern jedoch vielfach die leichter darſtellbare und zu behandelnde Bronze anſtatt deſſelben verarbeitet wurde.

Gewichtige Minerale, die durch gelbe, braune und rothe Farbe ſich auszeichnen und vom Magnet angezogen werden, verrathen durch dieſe Eigenſchaften ihren Eiſengehalt. Solche Eiſenerze, die hauptſächlich aus Eiſen und Sauerſtoff beſtehen, wie der Rotheiſenſtein (Fe_2O_3), der Brauneiſenſtein (Fe_2O_3,HO), der Magneteiſenſtein (Fe_3O_4) und der Spatheiſenſtein (FeO,CO_2), werden, mit Kohle gemengt, einer heftigen Glut ausgeſetzt, in welcher die Kohle mit dem Sauerſtoff zu gasförmig entweichender Kohlenſäure ſich vereinigt, während das Eiſen als glühender Strom in Formen von Sand fließt, wo es zum ſogenannten Gußeiſen erſtarrt. Dieſes Gußeiſen enthält fünf bis ſechs Procent Kohlenſtoff, und wenn ihm dieſer bis auf etwa zwei Procent entzogen wird, ſo verwandelt es ſich in Stahl, während das gänzlich von Kohle befreitee Eiſen den Namen Schmiedeeiſen erhalten hat. Dieſe drei Eiſenarten haben ſo auffallend abweichende Eigenſchaften, als ob ſie ganz verſchiedene Metalle wären, und es rührt dies

lediglich von dem erwähnten Kohlengehalt derselben her. Das kohlehaltige Gußeisen ist verhältnißmäßig leicht schmelzbar, aber hart und spröde, und läßt sich weder mit der Feile noch mit dem Hammer bearbeiten. Das kohlenfreie Schmiedeeisen ist in der allerstärksten Weißglühhitze kaum schmelzbar. Es wird darin jedoch weich, unter dem Hammer knetbar wie Wachs. Dabei ist es außerordentlich zähe und läßt sich in Platten walzen und zu feinem Draht ausziehen. Der Stahl endlich, der einen geringen Kohlegehalt hat, vereinigt, je nach der ihm werdenden Behandlung, Härte und Sprödigkeit oder Härte und Elasticität. Wird nämlich dieses merkwürdige Metall rothglühend gemacht und rasch in kaltes Wasser getaucht, was der Stahlarbeiter das Ablöschen nennt, so erlangt der Stahl die außerordentliche Härte, die wir an Feilen, Steinmeiseln und Metallbohrern schätzen. Allein dem also gehärteten Stahle können durch gelindes Glühen und langsames Erkaltenlassen verschiedene Abstufungen von Härte und Elasticität gegeben werden, wodurch er ein zur Anfertigung von Uhrfedern, Klingen, Sägeblättern und vielen andern nützlichen Geräthen geschicktes Metall wird.

Im Gebiete des Magnetismus ist das Eisen das allein und ausschließlich waltende Metall, denn weiches Eisen wird mit Magneten in Berührung sogleich selbst vorübergehend magnetisch; Stahl dagegen, mit dem Magnet gestrichen, wird selbst in einen Magnet verwandelt. Nur das Kobalt und Nickel zeigen gegen den Magnetismus ein ähnliches Verhalten.

Die gleichzeitige Einwirkung von Feuchtigkeit und Luft wirken rasch oxydirend auf das Eisen, wie uns das schnelle Rosten von in die Erde gebrachten eisernen Gegenständen zeigt. In der Luft befindliche Eisengeräthe, z. B. Geländer und Ketten, die alsbald wieder trocken werden, haben eine größere Haltbarkeit, die man überdies durch schützende Anstriche von Farben und Firnissen zu erhöhen sucht.

Die löslichen Eisensalze zeichnen sich durch ihren herben Geschmack und durch die violette bis schwarze Färbung aus, die entsteht, sobald sie mit gerbstoffhaltigen Flüssigkeiten, z. B. Auszügen

von Galläpfeln oder Eichenrinde, in Berührung kommen. Es zeigt sich diese Einwirkung schon, wenn wir Obst mit einem eisernen Messer zerschneiden. Daher haben die Eisensalze eine ausgebreitete Anwendung zum Färben der Zeuge, des Holzes, des Leders, vom Violett bis ins Schwarze, und unser wichtiges Verkehrsmittel, die Tinte, ist eine solche eisenhaltige Farbe. Als Typus der Eisensalze mag das schwefelsaure Eisenoxydul ($FeO,SO_3 + 7HO$) dienen, dessen schöne, blaßgrüne Krystalle auch noch den ältern Namen grüner Vitriol führen. Sie enthalten vier bis sieben Aequivalente Krystallwasser.

Der rothe Farbstoff des Blutes enthält Eisen, und dessen Gesammtmenge vom Blute eines Erwachsenen beträgt etwa ein halbes Loth. Daß dieser Eisengehalt eine Bedeutung für die Lebensverrichtung hat, geht aus der günstigen Wirkung eisenhaltiger Mineralwasser bei solchen Uebeln hervor, von denen wir wissen, daß sie die Folge einer fehlerhaften Beschaffenheit des Blutes sind.

Mangan, $Mn = 27{,}6$. Das Mangan ist ein dem Gußeisen ähnliches, sehr hartes und sprödes Metall, das nur in der allerstärksten Hitze zum Schmelzen gebracht werden kann und keiner technischen Anwendung fähig ist. Eine sauerstoffreiche Verbindung desselben, die Manganüberoxyd oder Braunstein heißt (MnO_2), wird jedoch in der wissenschaftlichen und technischen Chemie vielfach als Oxydationsmittel benutzt, wovon wir S. 69 bei der Darstellung des Chlors Gebrauch gemacht haben. Ein Mangangehalt kann den Mineralen rosenrothe, violette, braune und schwarze Färbungen ertheilen. Das Mangan ist zwar sehr allgemein verbreitet, jedoch selten in größerer Masse sich zeigend. In wissenschaftlicher Beziehung ist das Mangan interessant durch die vollständige Oxydationsreihe, die es mit dem Sauerstoff bildet und welche aus den folgenden fünf Stufen besteht:

1. MnO . . . . = Manganoxydul,
2. Mn_2O_3 . . . . = Manganoxyd,
3. MnO_2 . . . . = Manganüberoxyd,
4. MnO_3 . . . . = Mangansäure,
5. Mn_2O_7 . . . . = Uebermangansäure.

Die beiden untern Stufen 1 und 2 sind Basen, die mit den Säuren Salze bilden; das Manganüberoxyd ist weder sauer noch basisch; die vierte Stufe ist eine Säure, die mit den Alkalien Salze von prachtvoll grüner Farbe bildet, die jedoch unter Durchlaufung einer Farbenwandlung durch Violett ins schönste Purpurroth übergeht, indem die Mangansäure sich zersetzt und Uebermangansäure gebildet wird. Wegen dieses auffallenden Farbenwechsels hat jene Verbindung den Namen mineralisches Chamäleon erhalten.

Chrom, Cr = 26. Auch das Chrom theilt mit dem reinen Eisen und Mangan die geringe Schmelzbarkeit. Es ist in der That noch nicht gelungen, dasselbe in rechten Fluß zu bringen, daher von einer metallischen Verwendung desselben keine Rede sein kann. Erst 1797 ist das Chrom entdeckt worden und es hat seinen Namen, der soviel wie „Farbe" bedeutet, deshalb erhalten, weil alle seine Verbindungen lebhaft gefärbt sind, sodaß es deren von blauer, grüner, gelber, orangegelber, zinnoberrother, granatrother, violetter und schwarzer Farbe gibt. Eine nützliche Anwendung haben jedoch nur das chromsaure Bleioxyd, Chromgelb genannt, und das grüne Chromoxyd, und zwar das letztere vorzüglich in der Glas- und Porzellanmalerei. Die Chromsäure, CrO_3, wird bei manchen chemischen Processen, namentlich in der Färberei als ein kräftiges Oxydationsmittel benutzt. Von den chromhaltigen Mineralen kannte man am frühesten das sibirische Rothbleierz oder chromsaure Bleioxyd (PbO,CrO_3). Die Seltenheit dieses schönen Minerals verhinderte jedoch die technische Ausbeutung, welche erst eintrat, als man den Chromeisenstein (FeO,Cr_2O_3) auffand, der in Norwegen, im Ural und bei Baltimore in Masse angetroffen wird.

Kobalt, Co = 30. Das Kobalt ist zwar ebenfalls sehr streng flüssig, doch gelingt es, dasselbe in geschmolzenem Zustande darzustellen, in welchem es stahlgrau erscheint und eine schöne Politur annehmen kann. Man verwendet dasselbe jedoch nicht als Metall, sondern mehrere seiner Verbindungen, namentlich das kieselsaure Kobaltoxydul, das Smalte genannt wird und eine schöne blaue Farbe ist. Das prachtvolle Blau der Gewänder in den Glas-

gemälden ist durch Kobalt erzeugt. Die löslichen Salze des Kobaltoxyduls haben eine schöne pfirsichblütrothe Farbe. Auch das Chlorkobalt ist rosenroth und zeigt dabei die Eigenthümlichkeit, eine schöne blaue Farbe anzunehmen, sobald es erhitzt wird. Schreibt man z. B. mit einer schwachen Lösung von Chlorkobalt auf Papier, so ist die Schrift wegen der allzu blassen Farbe der Flüssigkeit gar nicht sichtbar; sie kommt jedoch in schön himmelblauer Farbe zum Vorschein, sobald man das Papier erwärmt. Daher hat eine solche Kobaltlösung den Namen der sympathetischen Tinte erhalten. Ein äußerst geringer Zusatz von Eisenchlorid bewirkt, daß die Schrift mit grüner Farbe hervortritt. Es lassen sich hiermit sehr artige Wirkungen hervorbringen. Man zeichnet z. B. eine kleine Winterlandschaft in Sepia; deckt den Himmel und Wasser mit Chlorkobalt; Bäume und Schnee mit eisenhaltigem Chlorkobalt. Sobald man das Bildchen auf den warmen Ofen legt, belebt es sich, indem es die Farben des Frühlings annimmt. Beim Erkalten stellt sich der Winter wieder ein. Im ganzen ist das Kobalt eins der weniger häufigen Metalle; im Mineralreich tritt es meist in Gesellschaft von Schwefel und Arsen auf, meist in Begleitung von Eisen und Nickel. Die gewöhnlichsten Erze sind: der Speiskobalt, $CoAs$, der Kobaltkies, Co_3S_4, und der Kobaltglanz, $CoAs + CoS_2$. — Das Kobalt ist seit 1739 bekannt.

Nickel, $Ni = 29$. Das Nickel läßt sich gleich den seither genannten Metallen nur durch das heftigste Schmiedefeuer schmelzen; allein es nähert sich in seinen Eigenschaften mehr dem Eisen, da es sich in Platten hämmern und selbst zu Draht ausziehen läßt. Die meisten Verbindungen des Nickels zeichnen sich durch eine schöne grüne Farbe aus. Man kennt das Nickel bereits seit 1731. Es findet sich ganz in ähnlicher Weise wie das Kobalt, in Verbindung mit Schwefel und Arsen, als sogenannter Haarkies, NiS; Kupfernickel, $NiAs$; und Nickelglanz, $NiAs + NiS_2$. Die Darstellung des Nickelmetalls aus diesen Erzen ist ein mit Schwierigkeiten verbundener chemischer Proceß, dessen nähere Manipulation als ein Geheimniß gilt. Es handelt sich dabei namentlich darum, das Nickel von Eisen und Kobalt zu trennen, von welchen es stets in den

Erzen begleitet ist. Im Handel kommt das Nickel in Gestalt von kleinen Metallwürfeln vor. Für sich allein wird das Nickel nicht verarbeitet, allein das sogenannte Neusilber oder Argentan ist eine Legirung, die aus zehn Theilen Kupfer, sechs Theilen Zink und vier Theilen Nickel besteht und zu allerlei Verzierungen verwendet wird. Zu Küchengeräthen ist es nicht empfehlenswerth, da es von sauern Speisen leicht angegriffen wird und diese vergiftet.

Die vorstehenden Metalle bilden durch manche Uebereinstimmung oder Aehnlichkeit gewissermaßen eine kleine Familie. So sind Eisen, Mangan, Chrom, Kobalt und Nickel nur in der stärksten Weißglühhitze schmelzbar, hart, grauweiß und sechs bis acht mal dichter als Wasser. Auch hinsichtlich ihrer chemischen Aequivalentenzahlen, die zwischen 26, und 29,5 liegen, erscheinen sie einander sehr nahe stehend. Eisen, Nickel und Kobalt stimmen überdies noch darin überein, daß sie vom Magnete angezogen werden.

Zink, 32,5. Das Zink ist ein bläulich-weißes, auf dem Bruche glänzend krystallinisches Metall, das an sich sehr spröde ist. Wenn es aber bis etwa zum Siedepunkte des Wassers erwärt wird, so läßt es sich in Bleche auswalzen, die vielfach zu Dachbedeckungen, Badewannen u. dgl. verarbeitet werden. In sehr starker Hitze verwandelt sich das geschmolzene Zink in Dampf, und es kann daher der Destillation unterworfen werden. An freier Luft verbrennt es mit weißer, stark leuchtender Flamme. Es ist sieben mal dichter als Wasser.

Die Verbindungen des Zinks sind giftig und mehrere derselben haben Anwendung in der Medicin, namentlich bei Augenleiden. Das Zinkoxyd ist unter dem Namen Zinkweiß in der neuesten Zeit ein Fabrikationsmittel von größter Verbreitung geworden. Es wird als weiße Farbe zum Anstreichen verwendet, indem es vor dem seither gebräuchlichen Bleiweiß den Vorzug hat, daß es mit der Zeit nicht gelb und braun wird. Auch wird in der Färberei das schwefelsaure Zinkoxyd angewendet.

Am bedeutendsten ist dieses Metall jedoch durch seine Legirung

mit Kupfer, welche das bekannte Messing bildet, sowie durch seine Verwendung zu allerlei Gußwerken, welchen man das Ansehen von Bronze gibt. Im Mineralreich findet sich das Zink in Verbindung mit Schwefel, als sogenannte Blende, sowie als kieselsaures Zinkoxyd, welches Galmey genannt wird.

Zinn, Sn = 58. Das Zinn nähert sich durch seinen lebhaften weißen Glanz sehr dem Ansehen des Silbers und behauptet denselben an der Luft ziemlich unverändert, wie wir an den blanken Geschirren wahrnehmen, die aus demselben gefertigt werden. Auch läßt sich das Zinn in sehr dünne Blättchen, unechtes Blattsilber genannt, schlagen und zu Stanniol auswalzen, mit welchem die Pfropfen der Champagnerflaschen verwahrt werden. Die Vanille und feinen Chocoladen pflegt man ebenfalls in solche Zinnfolie einzuwickeln. Ganz eigenthümlich ist dem Zinn ein knirschendes Geräusch, welches entsteht, wenn ein Stück Zinn gebogen wird. Das Zinn schmilzt schon bei der verhältnißmäßig sehr niedern Temperatur von etwa 200° R., und nicht selten tritt zum Schrecken der Hausfrauen der Fall ein, daß auf den Ofen gestellte Zinngeräthe schmelzen, wenn sie kein Wasser enthielten.

Das Zinnoxyd wird zur Bereitung des Email und undurchsichtiger Glasur der Thongeschirre verwendet, während die löslichen Zinnsalze in der Färberei gebräuchlich sind.

Die wichtigsten Anwendungen findet jedoch das Zinn zur Darstellung der verzinnten Eisenplatten, die unter dem Namen von Weißblech zu so vielen nützlichen Haus- und Küchengeräthen verarbeitet werden, und in seinen Legirungen mit Kupfer, als Bronze.

Blei, Pb = 103,6. Das Blei ist ein Metall von sehr bedeutendem specifischem Gewicht, denn es ist elfmal dichter als Wasser. Es hat eine blaugraue Farbe und einen lebhaften Glanz, der an der Luft sich jedoch schnell verliert, indem es matt wird und mit einer grauen sauerstoffhaltigen Schicht sich überzieht. Unter allen schweren Metallen ist das Blei das weichste, denn es kann mit dem Messer zerschnitten werden. Auch läßt es sich in dünne Platten walzen und zu Röhren auspressen. Es schmilzt bei 260° R. Seine große Dichte macht es vorzüglich geeignet, in der Form von

Kugel und Schrot, aus den kleinern Geschossen hervorgehend, eine verderbliche Wirkung zu äußern. Von Speisen ist das Blei durchaus entfernt zu halten, da seine Verbindungen höchst giftige Wirkungen äußern, was bei bleihaltigen Zinngeschirren schon öfter zum Nachtheil sich herausstellte.

Die Verbindungen des Bleies haben eine ausgedehnte gewerbliche Verwendbarkeit. Das Bleioxyd, PbO, gewöhnlich Bleiglätte genannt, bildet mit Kieselsäure ein leicht schmelzbares, sehr durchsichtiges Glas, mit welchem unsere gewöhnlichen irdenen Geschirre überzogen oder glasirt werden. Wenn diese Glasur unvollkommen eingebrannt ist, so können solche Geschirre sehr gefährlich werden, namentlich wenn Essig oder sonst saure Speisen in dieselben gebracht werden. Die feinern Bleigläser, die ein starkes Lichtbrechungsvermögen besitzen, werden zur Anfertigung der optischen Linsen verwendet. Auch werden sie geschliffen und gefärbt zur Nachahmung der Edelsteine benutzt.

Als Farben dienen das gelbrothe Bleioxyd, Mennige genannt; ferner in sehr ausgedehntem Maße das kohlensaure Bleioxyd, PO,CO_2, das bekannte Bleiweiß und das essigsaure Bleioxyd, ein Salz, das wegen seines süßlichen Geschmacks auch den Namen Bleizucker erhalten hat.

Endlich ist nicht zu vergessen, daß mehrere Bleiverbindungen sehr heilsame Arzneimittel sind, und zwar vorzugsweise im äußerlichen Gebrauche, zu Salben, Pflastern und Wundwassern.

Wismuth, Bi = 208. Das Wismuth zeichnet sich durch eine grauweiße, zugleich jedoch ins Röthliche gehende Färbung aus, sowie durch seine große Geneigtheit, die krystallinische Form anzunehmen. Es kann in der That durch die geeigneten Handgriffe leicht in schönen Krystallen erhalten werden, deren Oberfläche in einem bunten Farbenspiele erglänzt. Weder an sich noch in seinen Verbindungen ist das Wismuth von besonderer technischer Wichtigkeit; doch ist es interessant, daß eine Legirung von einem Theil Blei, einem Theil Zinn und zwei Theilen Wismuth schon in siedendem Wasser schmilzt. Man bedient sich solcher leichtflüssigen Metallcompositionen zum Abgießen von Formen, sogenannter Cliché's u. s. w.

Antimon, Sb = 120. Das Antimon ist ein silberweißes Metall, von lebhaftem Glanze, der sich an der Luft wohl erhält. Auf dem Bruche ist es körnig, krystallinisch und so spröde, daß es sich im Mörser leicht zu Pulver zerstoßen läßt.

Die Antimonverbindungen sind zwar giftig, aber nichtsdestoweniger von großem medicinischen Werthe. Es sind in dieser Beziehung hervorzuheben: das schwarze Schwefelantimon oder Spießglanz, das orangefarbene Schwefelantimon oder Goldschwefel, das rothe Schwefelantimon, auch Mineralkermes genannt. Die Oxyde des Antimons finden wir ebenfalls dem Arzneischatze eingereiht, sowie den antimonhaltigen Brechweinstein.

Mit drei Viertel Blei legirt, bildet das Antimon die äußerst nützliche Composition, welche zum Gießen der Buchdruckerlettern verwendet wird.

Kupfer, Cu = 31,7. Das Kupfer ist ein schon den Phöniziern bekannt gewesenes Metall, das dieselben von der Insel Cypern holten, woher auch der lateinische Name Cuprum, und von diesem der deutsche abgeleitet wird. Es hat eine schöne morgenrothe Farbe und lebhaften Glanz, der an der Luft sich jedoch bald verliert, indem es sich mit einer Oxydschicht überzieht und dadurch eine braune Farbe erhält. Das Kupfer ist ein hartes und dabei zähes und dehnbares Metall, das sich walzen und in Draht ziehen läßt. Die vielfache Anwendung des Kupferblechs darf als bekannt vorausgesetzt werden.

Die Verbindungen des Kupfers haben eine giftige Wirkung, und es ist hier die bei metallenen Geräthen überhaupt empfehlenswerthe Vorsicht wiederholt anzurathen. Außerdem zeichnen sich die Kupferverbindungen durch schöne blaue und grüne Färbungen aus. Es werden in dieser Hinsicht der Grünspan, der Malachit und die Kupferlasur angewendet. Das brillante schweinfurter Grün sollte indeß füglich ganz außer Gebrauch gesetzt werden, wenigstens innerhalb der Wohnungen, da es Arsenik enthält und eine ganz gefährliche Farbe ist.

Eine wichtige Rolle spielt das Kupfer ferner in seinen Legirungen mit andern Metallen. Als eine solche wurde bereits das

Neusilber angeführt. Ein Gemisch von zwei Theilen Kupfer und einem Theile Zink bildet das Messing, das sich leichter schmelzen und auf der Drehbank bearbeiten läßt als das reine Kupfer. Auch die unter dem Namen von Tomback und Similor und unechtem Blattgolde bekannten Metallcompositionen bestehen aus Kupfer, in Verbindung mit Zink. Dagegen geben Kupfer und Zinn in verschiedenen Verhältnissen, von welchen ersteres in der Regel zwei Drittel beträgt, Legirungen, die als Glockenmetall, Kanonenmetall und Bronze angewendet werden. Die Waffen und Rüstzeuge der Alten bestanden aus einer Bronze, die viel Kupfer und wenig Zinn enthielt.

Quecksilber, Hg = 100. Das Quecksilber hat im Vergleiche mit den übrigen Metallen so auffallende Eigenschaften, daß es als eine merkwürdige Ausnahme vom Gewöhnlichen ganz isolirt dasteht. Obgleich es eins der dichtesten Metalle ist, nämlich dreizehnmal dichter als Wasser, so haben seine Theile doch nur einen sehr geringen Zusammenhang, daher es flüssig erscheint. Schon die Griechen waren von dieser Thatsache lebhaft betroffen und ertheilten diesem Metalle den passenden Namen „flüssiges Silber" (Hydrargyron). Als schwerer, flüssiger und zugleich an der Luft nicht veränderlicher Körper hat nun das Quecksilber mehrere Anwendungen gefunden, in welchen es unersetzbare Dienste leistet, nämlich zur Herstellung der Barometer und Thermometer. Für letztere ist es zur Bestimmung von Temperaturen anwendbar, die bis 32° unter den Gefrierpunkt des Wassers gehen und bis 280° R. über den Siedepunkt desselben. Bei größerer Kälte wird das Quecksilber fest, hämmerbar und dem Silber sehr ähnlich, und bei größerer Hitze fängt es an zu sieden.

Die Dämpfe des Quecksilbers äußern eine sehr giftige Wirkung und dasselbe ist bei seinen Verbindungen der Fall, von welchen das zweifache Chlorquecksilber, Sublimat genannt, als das gefährlichste aller metallischen Gifte angesehen wird.

Nichtsdestoweniger sind mehrere derselben als Mittel von höchst schätzenswerther Wirksamkeit in den Arzneischatz aufgenommen worden, wie namentlich das einfache Chlorquecksilber oder Calomel, der

Sublimat und das rothe Queckſilberoxyd, HgO. Das Schwefelqueckſilber, HgS, bildet die unter dem Namen Zinnober bereits früher erwähnte ſchöne, rothe Farbe.

Gegen andere Metalle zeigt das Queckſilber ein eigenthümliches Verhalten, indem es mit Ausnahme des Eiſens alle auflöſt, ähnlich wie Waſſer den Zucker. Legirungen des Queckſilbers mit Metallen werden Amalgame genannt. Der metalliſche Ueberzug auf der Rückſeite unſerer Spiegel iſt ein Amalgam aus Queckſilber und Zinn.

Das Queckſilber, welches den Anfang der Reihe der edeln Metalle macht, wird ſelten und an iſolirten Punkten angetroffen, und hat daher einen bedeutenden Preis. Derſelbe betrug früher ungefähr zwei Thaler fürs Pfund; er iſt jedoch in neuerer Zeit bis unter die Hälfte herabgeſunken, infolge des in Californien reichlich aufgefundenen Queckſilbererzes.

Silber, Ag = 108. Das Silber iſt in Geſtalt von Münzen unſer gewöhnlichſtes Tauſchmittel und hierdurch, ſowie durch ſeine Verwendung zu vielerlei Geräthen und Zierrathen, überall verbreitet. Zu letztern eignet es ſich vorzüglich durch ſeine weiße Farbe und ſeinen außerordentlich lebhaften Glanz. Dieſes Metall, das zehnmal dichter iſt als Waſſer, ſchmilzt in nicht allzu großer Hitze und iſt ſo weich und dehnbar, daß es in äußerſt dünne Blättchen geſchlagen und in ſehr feinen Draht ausgezogen werden kann. Wegen dieſer Weichheit würde das dem Verkehre unterworfene Silber ſehr raſch ſich abnutzen, daher es einen Zuſatz von Kupfer erhält, der ihm größere Härte verleiht. Die groben Münzen faſt aller europäiſchen Staaten enthalten einen Theil Kupfer auf neun Theile Silber.

Die Verbindungen des Silbers mit Chlor, Brom und Jod zeigen eine außerordentlich große Empfindlichkeit gegen das Licht, indem dieſes eine Zerſetzung derſelben verurſacht. Daguerre gründete hierauf ſeine intereſſante Entdeckung der Lichtbilder, die auf Silberplatten erzeugt werden, welche einen dünnen Ueberzug von Jodſilber erhalten haben. Das ſalpeterſaure Silberoxyd, AgO, NO_5, iſt ein giftiges, ätzendes Salz, welches unter dem Namen Höllenſtein in der Chirurgie angewendet wird.

Alle seither genannten Metalle werden mehr oder weniger von den starken Säuren, wie Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure, und allmählich auch von den Pflanzensäuren und Fettsäuren angegriffen und aufgelöst. Auf die folgenden zeigen diese Säuren keine Einwirkung, und Gold und Platin sind nur in solchen Flüssigkeiten löslich, die freies Chlor enthalten, was bei einem Gemische von Salzsäure und Salpetersäure der Fall ist, welches daher Goldscheidewasser heißt.

Gold, Au = 196. Das Gold behauptet hinsichtlich seiner Kostbarkeit den ersten Rang unter allen Metallen. Es findet sich fast nur gediegen in größern Massen und Körnchen, sowie in ganz feinen Blättchen und Stäubchen. Dabei hat es eine ziemlich allgemeine Verbreitung, indem der Sand der meisten Flüsse etwas Gold führt. So bedeutend die Rolle dieses prachtvollen Metalls im Leben ist, so untergeordnet ist sie in der Chemie, wovon einestheils der hohe Preis dieses Materials die Schuld tragen mag.

Das Gold ist neunzehnmal dichter als Wasser, weich und ungemein dehnbar und bei 900° R. schmelzbar. Zu Münzen erhält es einen kleinen Kupferzusatz und zu Schmucksachen wird es entweder mit Kupfer oder mit Silber legirt, wodurch es eine dunklere oder hellere gelbe Farbe erhält.

Platin, Pt = 99. Das Platin ist erst seit der Entdeckung Amerikas bekannt geworden, wo Brasilien und Columbien die einzigen Fundorte desselben waren, bis es in neuerer Zeit auch am Ural aufgefunden wurde. Wir haben hier das schwerste aller Metalle vor uns, dessen Dichte 21 mal größer ist als die des Wassers. Da Platin gleich dem Golde von den Säuren nicht angegriffen wird und selbst in der Weißglühhitze unschmelzbar ist, so ist es dem Chemiker ein unschätzbares Material zu vielen Geräthen. Ja, es findet trotz seines hohen Preises, der die Mitte von Gold und Silber hält, selbst in chemischen Fabriken in größerm Maßstabe Anwendung, und es werden zur Concentrirung der Schwefelsäure Apparate aus Platin verwendet, die einen Werth von 10—16000 Thalern haben.

Die genannten Eigenschaften waren übrigens Ursache, daß erst

in neuerer Zeit die Anwendung des Platins allgemeiner geworden ist; denn wie sollte der Metallarbeiter ein so unfügsames Material behandeln?

Nur auf chemischem Umwege gelingt es, das Platin in einen schmiedbaren Zustand zu bringen. Man kann nämlich eine Doppelverbindung von Chlorplatin mit Salmiak darstellen, die ein gelbliches Pulver bildet und Platinsalmiak genannt wird. Schwach geglüht, zersetzt sich dieselbe und hinterläßt metallisches Platin in Form einer grauen, porösen Masse, als sogenannten Platinschwamm. Indem man diesen stark preßt und nachher der Weißglühhitze aussetzt, erhalten die Theilchen des Platins den erforderlichen Zusammenhang, sodaß es jetzt in dünne Bleche geschmiedet und selbst zu sehr feinem Drahte ausgezogen werden kann.

Das Platin hat in dem höchst fein vertheilten Zustande als Platinschwamm die merkwürdige Eigenschaft, gasförmige Körper zu verdichten und dadurch die chemische Verbindung von Gasen zu bewirken. Hierauf beruht seine Anwendung zu den Zündmaschinen, bei welchen ein kleiner Strom von Wasserstoff, auf ein Platinschwämmchen geleitet, sich entzündet.

13. Die organischen Verbindungen; Charakter derselben; Vergleichung mit den unorganischen Verbindungen; natürliche Gruppirung und systematische Gliederung derselben.

In der Regel findet man in den chemischen Lehrbüchern die zusammengesetzten Körper in zwei Hauptabtheilungen geschieden, die nach ihrer Abstammung gebildet sind, nämlich in unorganische und in organische Verbindungen. Bei dieser Eintheilung ist es jedoch wohlgethan, ins Gedächtniß zurückzurufen, was gleich anfänglich über Abtheilungen in wissenschaftlichen Gebieten gesagt wurde, nämlich, daß hier niemals an Abgrenzungen von solcher Schärfe zu denken sei, als wie sie der Mathematiker vollzieht, wenn er den Kreis in 360 Grade theilt, oder die Erde in eine nördliche und südliche Hemisphäre unterscheidet.

Unorganische Verbindungen finden sich entweder bereits gebildet als Minerale, oder sie werden aus solchen dargestellt, während die organischen Verbindungen in Pflanzen- oder Thierkörpern angetroffen oder doch von diesen abgeleitet werden. Obgleich diese Bestimmung etwas Schwankendes hat, da nicht wenige chemische Verbindungen in beide Reihen passen, wie z. B. die Kohlensäure, das Ammoniak, das Cyan u. a. m., so bietet die Trennung des chemischen Materials in diese zwei Hauptgebiete für die Uebersicht desselben doch großen Vortheil und wird wol immer beibehalten werden. Denn es liegen den unorganischen und organischen Stoffen neben diesem äußerlichen Unterschiede ihrer Abstammung doch auch tiefer in ihrer chemischen Constitution beruhende Verschiedenheiten zu Grunde. Wir werden auf diese letztern im folgenden Abschnitte, wo wir die chemische Theorie besprechen, näher eingehen und namentlich die Gründe erläutern, die uns veranlassen anzunehmen, daß die meisten organischen Verbindungen durch das Zusammentreten einer verhältnißmäßig großen Anzahl von Aequivalenten ihrer Bestandtheile entstehen, während die unorganischen Verbindungen in der Regel als Gruppirungen nur weniger Aequivalente einfacher Stoffe erscheinen.

Wir wollen die Zusammenstellung der Aequivalente, welche eine chemische Verbindung bilden, eine Aequivalentgruppe nennen und in obigem Sinne einige unorganische und organische Körper miteinander vergleichen. Die Aequivalentgruppe des Wassers besteht bekanntlich aus zwei Gliedern, nämlich aus einem Aequivalent Wasserstoff und aus einem Aequivalent Sauerstoff; ebenso sind der Zinnober, das Kali, das Kochsalz aus je zwei Aequivalenten gruppirte Verbindungen. Dagegen haben wir uns ein kleinstes Theilchen des wasserfreien Zuckers vorzustellen als bestehend aus der Gruppirung von 32 Aequivalenten, nämlich aus 12 Aequivalenten Kohlenstoff, aus 10 Wasserstoff- und aus 10 Sauerstoffäquivalenten. In dem Weingeist sind 10, in der Citronensäure 34 Aequivalente zu einer Gruppe zusammengetreten.

Wir können uns hier mit besonderm Vortheil der chemischen Formeln bedienen, um diese Unterschiede recht hervortreten zu lassen:

Unorganische Verbindungen.		Organische Verbindungen.	
Wasser	$=HO$	Weingeist	$=C_4H_6O_2$
Zinnober	$=HgS$	Zucker	$=C_{12}H_{10}O_{10}$
Kali	$=KO$	Citronensäure	$=C_{12}H_8O_{14}$
Kochsalz	$=NaO$	Chinin	$=C_{40}H_{24}N_2O_4$
Alaun	$=Al_2O_3,3SO_3+KaO,SO_3$	Stearin	$=C_{114}H_{110}O_{12}$

Unstreitig beruht es auf dieser einfachern Constitution der unorganischen Verbindungen, daß sie früher bekannt und studirt wurden als die organischen. Das Gebiet der unorganischen Chemie ließ sich nach den umfassenden und classischen Arbeiten von Berzelius in seinen Hauptrichtungen als erschöpft und abgeschlossen ansehen. Es erklärt sich hieraus, daß die Hauptkraft der chemischen Forschung seitdem auf das Bereich der organischen Chemie sich geworfen hat. In der That erscheint dasselbe als der belebte Tummelplatz der zahlreichen und tüchtigen Arbeiter, welche rastlos bemüht sind, der Chemie der Gegenwart eine glänzende Zukunft zu bereiten, und jedes Jahr bringt eine fast überwältigende Fülle von Thatsachen und daran sich reihenden theoretischen Erörterungen zum bereits vorhandenen ungeheuern Material hinzu. Die chemische Tagesliteratur hat Mühe alles Neue zu registriren, und dem Autor, der ein Lehrbuch oder gar ein System der Chemie schreibt, schwankt und wandelt sich der Stoff unter der Feder.

Wenn nur wenige Aequivalente verschiedener Stoffe zu chemischen Verbindungen zusammengetreten sind, so scheint es, als ob diese alsdann mit ganzer und ungetheilter Stärke einander anziehen und dadurch eine Verbindung von größerer Beständigkeit zu bilden vermögen, als das der Fall ist, wenn viele Aequivalente erforderlich sind, um eine solche zu constituiren. Im Allgemeinen bestätigt auch die Erfahrung, daß die unorganischen Verbindungen weniger leicht zersetzbar sind als die organischen. Wenn man sich vorstellt, daß um ein Theilchen Zucker zu bilden, 12 Aequivalente Kohlenstoff, 10 Aequivalente Wasserstoff und 10 Aequivalente Sauerstoff zusammentreten, so liegt die Vorstellung nahe, daß es erstlich besondere Schwierigkeit haben dürfte, eine so complicirte Gruppirung zu bewerkstelligen — dann aber, daß es leicht

sein möchte, aus diesem so künstlichen Gebäude ein oder das andere Aequivalent abzulösen, sodaß die übrigen auf eine neue Weise sich anordnen oder in mehrere kleinere Gruppen getrennt, auseinanderfallen müssen.

In der That ist man nur selten im Stande, eine organische Verbindung unmittelbar aus ihren Elementen zusammenzusetzen. Es ist zwar ein Leichtes, die oben genannten Bestandtheile des Zuckers in den ihren Aequivalenten entsprechenden Gewichtsverhältnissen zusammenzubringen, allein es ist noch keineswegs gelungen, sie chemisch zu verbinden, sodaß Zucker als Product erhalten wird. Wenn nun auch die Vereinigung so vieler Aequivalente zu einer chemischen Verbindung fast immer an die Mitwirkung der Thätigkeit eines Organismus geknüpft erscheint, so war man doch in einer hinreichenden Anzahl von Fällen im Stande, sehr complicirte organische Verbindungen aus nicht organischen Stoffen herzustellen, um die Wahrscheinlichkeit immer näher zu rücken, daß man dereinst im Stande sein werde, alle organischen Verbindungen auf rein chemischem Wege, ohne Mitwirkung organischer Thätigkeit zusammenzusetzen.

Dagegen fällt es dem Chemiker nicht schwer, eine gegebene organische Verbindung als Material zur Darstellung einer ganzen Reihe von andern organischen Verbindungen zu benutzen, entweder indem er veranlaßt, daß ihre Aequivalente sich auf andere Weise gruppiren, oder indem einige derselben der Verbindung entzogen oder andere hinzugefügt werden.

Solche Metastasen oder Metamorphosen organischer Verbindungen lassen sich an einem ziemlich populären Beispiele verfolgen. Das gegebene Material sei Stärkemehl, so läßt sich dieses leicht in Zucker überführen; der Zucker geht wieder in Weingeist und dieser in Essigsäure über — lauter organische Verbindungen, die sich durch directes Zusammenbringen ihrer Elemente nicht darstellen lassen. Die Obstreife, die Gährung, die Fäulniß, die Verwesung sind solche organische Umsetzungsprocesse, bei welchen die complicirten Gruppen organischer Verbindungen in einfachere Gruppen zerfallen.

Wenden wir uns nun zur nähern Charakteristik der organi-

schen Verbindungen, so heben wir zunächst hervor, daß alle organischen Verbindungen ohne Ausnahme Kohlenstoff enthalten, sodaß man denselben geradezu als das charakteristische Element derselben bezeichnet hat. Noch im Jahre 1837 hat einer unserer ausgezeichnetsten Chemiker in seinem Lehrbuche der Chemie sämmtliche organische Verbindungen in die Abhandlung des Kohlenstoffs eingereiht. Ueberdies ist es bemerkenswerth, daß keine organische Verbindung weniger als zwei Aequivalente von Kohlenstoff enthält, sowie daß in keiner derselben eine ungerade Zahl von Kohlenstoff-Aequivalenten vorkommt. Immer erscheinen die vorhandenen Kohlenstoff-Aequivalente als Multipla der Zweizahl; man könnte hiernach die organische Chemie, als die Geschichte der Verbindungen mit gepaarten Kohlenstoff-Aequivalenten bezeichnen.

Mit dem Kohlenstoff treten zu organischen Verbindungen zusammen der Wasserstoff, der Sauerstoff und der Stickstoff. Manche derselben bestehen nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff, wie z. B. das Terpentinöl, $C_{20}H_{16}$; die Mehrzahl der organischen Verbindungen ist aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt, wovon der Zucker, $C_{12}H_{10}O_{10}$ bereits als Beispiel angeführt worden ist. Bei einer geringern Anzahl tritt zu den drei genannten Elementen als viertes noch der Stickstoff hinzu, wie beim Chinin, $C_{40}H_{24}N_2O_4$.

Allein es können auch noch andere einfache Stoffe als Bestandtheile organischer Verbindungen in dieselben eintreten oder mit denselben sich vereinigen, und wir begegnen als solchen am häufigsten den Metalloiden, wie Schwefel, Chlor, Brom, Jod, und von den Metallen dem Antimon, Zinn, Platin, sodaß ein jedes Element befähigt erscheint, ein Bestandtheil einer organischen Verbindung zu werden.

Als eine natürliche Folge ihrer Zusammensetzung aus den gleichen Elementen zeigen die organischen Stoffe in ihrem allgemeinen Verhalten viel Uebereinstimmendes. Sie sind vollständig verbrennlich, weil sowol der Kohlenstoff als auch der Wasserstoff und Stickstoff mit Sauerstoff gasförmige Producte zu bilden vermögen. Indem hierbei der Kohlenstoff etwas schwieriger verbrennt als die

übrigen Stoffe, schwärzt sich ein organischer Körper in der Regel wenn er erhitzt wird und bevor er vollständig verbrannt ist, eine Erscheinung, die man Verkohlung nennt. Die Analyse der organischen Verbindungen, die im wesentlichen darin besteht, daß man dieselben einer vollständigen Verbrennung unterwirft und die entstehenden Producte sammelt und wägt, wird in dem geschichtlichen Theile dieses Werks an passender Stelle näher beschrieben werden.

Unter den organischen Verbindungen findet man eine ziemliche Anzahl, die keine Krystallform annehmen, wie z. B. das Stärkmehl, der Faserstoff oder Zellstoff, das Gummi, Eiweiß u. a. m., sodaß es scheint, als ob hier die chemische Anziehung nicht Meister geworden sei über die formgebende organische Kraft, welche der Krystallbildung entgegenwirkt.

Mit Recht muß man aber erstaunen, wie durch das Zusammentreten von drei bis vier einfachen Stoffen eine so große Mannichfaltigkeit von Körpern gebildet werden kann von ganz entgegengesetzten Eigenschaften: denn wir finden unter den organischen Verbindungen sowol gänzlich indifferente Substanzen, als auch Säuren und kräftige Basen — wohlschmeckende Nahrungsmittel und angenehme Gewürze — furchtbare Gifte und heilsame Arzneimittel — lieblich duftende Parfüme neben Stoffen von abscheulichem Geruch — wir finden ferner berauschende und betäubende Flüssigkeiten, fette und harzige Substanzen und glänzende Farbstoffe, sodaß für das organische Gebiet Schiller ein prophetisches Wort gesprochen hat, wenn er sagt:

Vier Elemente,
Innig gesellt,
Bilden das Leben,
Bauen die Welt!

Indem wir nun eine kurze Skizzirung der wichtigern organischen Verbindungen zu geben versuchen, können wir uns der Verlegenheit nicht entziehen, in welche ein Autor sich versetzt sieht, der diesen Stoff behandelt, indem er sich über die entsprechendste Eintheilung und Vertheilung entscheiden muß. Denn hier betreten wir das streitige Gebiet der gegenwärtigen chemischen Wissenschaft,

welche raſtlos bemüht iſt, für die ins Ungeheuere angewachſene Anzahl der fortwährend ſich mehrenden organiſchen Verbindungen eine ſyſtematiſche Auffaſſung zu gewinnen, ſie nach durchgreifenden Principien zu ordnen und dadurch eine Ueberſicht und Einſicht in dieſelben herzuſtellen, wie dies für die unorganiſchen Verbindungen bereits erreicht worden iſt. Allein es ſcheint, als ob mit der höhern Aufgabe der mehr entwickelten Wiſſenſchaft auch die Schwierigkeit der von ihr zu löſenden Probleme ſich ſteigere; denn keineswegs ſind wir in der theoretiſchen Auffaſſung der organiſchen Verbindungen zu jener Entſchiedenheit und Einhelligkeit durchgedrungen, welche die Darſtellung ſo ſehr erleichtert.

Der Conflict, dem wir hier begegnen, beſteht nun im Folgenden: es iſt nicht das Object, worüber Meinungsverſchiedenheit herrſcht — wie etwa früher darüber, ob Chlor ein einfacher Körper ſei oder nicht — vielmehr iſt es die ſogenannte innere Conſtitution der organiſchen Verbindungen, welche zur Streitfrage geworden iſt. Es wurde oben geſagt, der Zucker beſtehe aus 12 Kohlenſtoff-, 10 Waſſerſtoff- und 10 Sauerſtoff-Aequivalenten, entſprechend der Formel $C_{12}H_{10}O_{10}$. Warum, fragen wir ſogleich, hat man denn nicht dieſer Verbindung die einfachere Formel $C_6H_5O_5$ gegeben? Oder die Formel $C + 5HO$, d. h. die einer Verbindung von Kohlenſtoff mit Waſſer? Es iſt bekannt, daß der Traubenzucker $= C_{12}H_{12}O_{12}$, bei der Gährung in Kohlenſäure und Weingeiſt ſich zerſetzt — ſollte er folglich nicht die entſprechende Formel haben, nämlich: $4\,CO_3 + 2\,C_4H_6O_2 = C_{12}H_{12}O_{12}$.

Denn $4\,CO_2 = C_4\ O_8 = 4$ Aeq. Kohlenſäure
$2\,C_4H_6O_2 = C_8\ H_{12}O_4 = 2$ Aeq. Weingeiſt
$= C_{12}H_{12}O_{12} = 1$ Aeq. Traubenzucker.

Es machen ſich daher bei der Anordnung und Beſchreibung der organiſchen Verbindungen zwei Richtungen geltend, welche wir als die empiriſche und als die theoretiſche bezeichnen wollen. Nach der empiriſchen Auffaſſung begnügt man ſich, den Stoffen diejenige chemiſche Formel zu geben, welcher als einfachſter Ausdruck der Analyſe oder unbeſtrittenen Thatſachen erſcheint. Die

organischen Verbindungen werden hierbei nach sogenannten-natürlichen Gruppen geordnet, wobei vorzüglich die gemeinsame Abstammung, gewisse übereinstimmende äußere Eigenschaften die leitenden Gesichtspunkte abgeben; es ist dieses zugleich die historisch gewordene Behandlung der organischen Chemie, aus welcher die theoretische erst in der neuern Zeit sich herauszubilden begann. Diese letztere sucht dagegen alle organischen Verbindungen nach ihrer chemischen Constitution systematisch darzustellen und anzuordnen. Indem wir uns vorbehalten, im theoretischen Theile hierauf näher einzugehen, folgen wir der ersten dieser Auffassungsweisen, die bis jetzt noch in den meisten Lehrbüchern der organischen Chemie beibehalten ist und jedenfalls ausreicht für die Zwecke der meisten, die sich mit Chemie befassen, ohne gerade dieselbe zum Gegenstande eines erschöpfenden wissenschaftlichen Studiums zu machen.

14. Skizzirung der wichtigsten organischen Verbindungen; Vertheilung derselben in vier natürliche Klassen: Säuren, Alkohole, Basen und indifferente Stoffe.

I. Klasse: Die organischen Säuren. Man kennt deren eine sehr beträchtliche Anzahl, welche sich theils fertig gebildet in den Organismen, vorzugsweise des Pflanzenreichs vorfinden, theils die Producte chemischer Einwirkung, insbesondere des Sauerstoffs auf andere organische Verbindungen sind. Sie lassen sich je nach ihren Eigenschaften und ihrer chemischen Constitution in mehrere Gruppen oder Familien vertheilen. Man begegnet darunter vielen, die als sehr kräftige Säuren sich verhalten, indem sie nicht nur einen entschieden sauren Geschmack haben, sondern auch die Fähigkeit besitzen, die alkalischen Eigenschaften der stärksten Basen zu neutralisiren und mit denselben wohlcharakterisirte Salze zu bilden. Sie sind dabei niemals ätzend und angreifend in der Weise, wie dies bei den starken unorganischen Säuren, wie Schwefelsäure u. a. m. der Fall ist. Der angenehm saure Geschmack vieler Obstarten rührt von der Gegenwart organischer Säuren her, die deshalb auch sehr häufig als Zusatz unserer Speisen und Getränke verwendet werden.

Als die bekanntesten und verbreitetsten organischen Säuren sind anzuführen die Kleesäure, C_2O_3; die Ameisensäure, $C_2H_2O_4$; die Essigsäure, $C_4H_4O_4$; die Weinsäure, $C_8H_6O_{12}$; die Citronensäure, $C_{12}H_8O_{14}$; die Aepfelsäure, $C_8H_6O_{10}$; die Milchsäure, $C_6H_6O_6$, welche zum Theil in der Medicin und in der Färberei Anwendung finden.

Eine Familie von besonderm Interesse bilden die sogenannten Fettsäuren. Man ist überrascht zu hören, daß alle diejenigen Stoffe des Pflanzen- und Thierreichs, die wir als Fette bezeichnen, gleichgültig, ob sie fest oder flüssig sind, aus eigenthümlichen Fettsäuren bestehen, welche mit einem indifferenten, ölartigen, süßschmeckenden Stoffe verbunden sind, der Oelsüß oder Glycerin, $C_6H_8O_6$, genannt worden ist. Wenn man Fett mit einer der stärkern Basen, z. B. Kali oder Natron behandelt, so treten diese an die Stelle des Glycerins und man erhält in Wasser lösliche, fettsaure Alkalien, welche unter dem Namen von Seifen schon längst bekannt und in Anwendung sind. Die verbreitetsten Fettsäuren sind die Talg- oder Stearinsäure, $C_{36}H_{36}O_4$, und die Oelsäure, $C_{36}H_{34}O_4$. Die letztere ist flüssig und herrscht in den weichen und flüssigen Fetten vor. Die Stearinsäure ist dagegen fest, blendend weiß, krystallinisch und ist in Form der bekannten Stearinlichter Gegenstand eines großen Verbrauchs geworden. Daß die Masse dieser schönen Kerzen wirklich eine Säure ist, zeigt sich mitunter zufällig, wenn Tropfen derselben auf unechte gefärbte grüne oder blaue Zeuge fallen, welche davon geröthet werden. Auch werden kupferhaltige Metallgeräthe von der Stearinsäure sehr leicht angegriffen, unter Bildung eines grünen Kupfersalzes. Eine eigenthümliche Fettsäure ist auch in der als tägliches Nahrungsmittel so reichlich verbrauchten Butter enthalten; dieselbe wird Buttersäure, $C_8H_8O_4$ genannt und bildet sich auch unter gewissen Umständen durch Zersetzung des Zuckers; sie findet sich daher in manchen unserer in Säuerung gegohrenen Speisen, wie im Sauerkraut, sauren Gurken u. a. m. Die reine Buttersäure hat einen durchdringenden Geruch, ähnlich der Essigsäure; allein in Verbindung mit Ammoniak ist ihr Geruch in hohem Grade

widrig, schweißartig. In den Ausdünstungen der Menschen und Thiere ist dieser Stoff enthalten.

Wenn die Fette einer starken Erhitzung ausgesetzt werden, so erleiden sie eine theilweise Zersetzung und es entsteht namentlich aus dem Glycerin ein flüchtiger Stoff, von furchtbarem Geruch, der Akrolein genannt wird und Nase und Augen angreift. Es ist dieser Stoff, der uns den aus einem ausgelöschten Talglicht aufsteigenden Dampf so unangenehm macht.

Abgesehen von der vielfachen technischen Verwendung der Fette, haben dieselben als Nahrungsmittel einen bedeutenden Werth. Man rechnet sie in dieser Hinsicht zu den sogenannten Respirationsmitteln, d. h. zu solchen Nahrungsstoffen, die hauptsächlich dienen, den Athmungsproceß zu unterhalten, indem sie dem Körper den Kohlenstoff wieder ersetzen, welcher durch jenen Proceß fortwährend consumirt wird.

Eine verhältnißmäßig nur geringe Anzahl von organischen Säuren enthält Stickstoff; wir bemerken als Beispiele die Cyansäure, C_2NO, die Harnsäure, $C_{10}H_4N_4O_6$, und die Knallsäure, $C_4N_2O_2$. Die letztere Säure bildet sich, verbunden mit Quecksilberoxyd, wenn zu einer Auflösung von 1 Theil Quecksilber in 12 Theilen Salpetersäure nach und nach 12 Theile Weingeist hinzugesetzt werden. Das entstehende Salz hat die Eigenschaft, bei dem geringsten Stoß, den es erleidet, mit Heftigkeit sich zu zersetzen, und wird daher mit $\frac{1}{3}$ Salpeter gemengt als Zündmasse der Zündhütchen verwendet. Eine entsetzliche Wirkung hat dieser Körper bewährt bei dem schmachvollen Attentate vom 14. Januar 1858 gegen Napoleon III.

II. Klasse: Die Alkohole und die Producte ihrer Umwandlung. Nachdem zuckerhaltige Flüssigkeiten in Gährung übergegangen sind, liefern sie durch die Destillation ein geistiges Product, welches je nach seinem größern oder geringern Wassergehalt schwächer oder stärker erscheint und Branntwein, Weingeist oder Spiritus genannt wird. Selbst der stärkste Spiritus, der im gewöhnlichen Verkehr vorkommt, enthält noch 15 Procent Wasser; dieselben können ihm jedoch entzogen werden und man erhält als-

dann den reinen, wasserfreien oder sogenannten absoluten **Alkohol**, eine sehr flüchtige Flüssigkeit, von anregend geistigem Geruch und brennendem Geschmack, welche schon bei 62,7° R. siedet und deren Dichte nur 0,97 von der des Wassers ist. In chemischer Beziehung verhält sich der Alkohol indifferent, er verändert nicht die Pflanzenfarben. Seine Formel ist, $C_4H_6O_2$. In diesem wasserfreien Zustande des Alkohols ist seine Wirkung auf den Organismis als eine giftige zu bezeichnen; kleine Quantitäten desselben können den Tod herbeiführen. Der wasserhaltige Alkohol ist dagegen in allen unter unzähligen Namen und Formen genossenen geistigen Getränken enthalten, welche belebend, erwärmend und berauschend wirken. Freilich übernehmen auch diese Getränke mitunter die Rolle eines langsam wirkenden Giftes. Wenn der Alkohol mit Oxydationsmitteln behandelt wird, so treten zwei Aequivalente Wasserstoff aus demselben aus, die sich mit Sauerstoff zu Wasser verbinden und es bleibt ein flüchtiger Körper von der Formel $C_4H_4O_2$ übrig, der **Aldehyd** genannt wird und einen eigenthümlichen erstickenden Geruch besitzt. Derselbe nimmt jedoch rasch aus der Luft zwei weitere Aequivalente Sauerstoff auf und verwandelt sich in Essigsäure, $C_4H_4O_4$. Aller Essig, den wir zu unsern Speisen verwenden, ist als Product der Oxydation aus einer geistigen Flüssigkeit hervorgegangen.

Weitern chemischen Einwirkungen unterworfen liefert der Alkohol eine große Reihe von interessanten Umwandlungs- und Zersetzungsproducten, und man darf wohl sagen, daß das Studium dieser Familie des Alkohols der Ausgangspunkt für die theoretische Richtung der neuern organischen Chemie geworden ist. Wenn zunächst der Alkohol mit Schwefelsäure vermengt und der Destillation unterworfen wird, so entzieht ihm dieselbe ein Aequivalent Wasser und es entsteht der **Aether**, C_4H_5O, eine äußerst flüchtige, schon bei 28,5° R. siedende Flüssigkeit, von angenehm belebendem Geruch. Der Genuß des Aethers, ja schon das Einathmen seines Dampfes übt eine abspannende, daher beruhigende Wirkung auf das Nervensystem aus, die bis zur Bewußtlosigkeit gehen kann. Schon lange ist ein Gemisch von Aether und Wein-

geist unter dem Namen der schmerzstillenden Hofmann'schen Tropfen ein bekanntes Arzneimittel.

Obwol der Aether, gleichwie der Alkohol, für sich eine neutrale Flüssigkeit ist, so hat er doch die Fähigkeit, mit den Säuren sich zu verbinden, deren saure Eigenschaften dabei abgestumpft werden, ähnlich wie dies durch die basischen Metalloxyde geschehen. Man nennt die also entstandenen Verbindungen zusammengesetzte Aetherarten oder Ester. Dieselben sind flüchtige Flüssigkeiten, meist von sehr angenehmem Geruch, und das feine Aroma und der Geschmack unserer edeln Früchte rührt von der Gegenwart solcher Verbindungen organischer Säuren mit Aether her.

Wenn nun schon der Alkohol durch seine vorstehend geschilderten Eigenschaften im gewöhnlichen Leben berufen ist eine große Rolle zu spielen, so ist er für die organische Chemie noch von besonderer Bedeutung dadurch geworden, daß er als Typus einer Familie von Verbindungen dient, die, obwol von anderer elementaren Zusammensetzung, doch in ihrem ganzen chemischen Verhalten die größte Aehnlichkeit mit demselben zeigen. Gleich dem Alkohol gehen sie unter dem Einfluß des Sauerstoffs in Aldehyde und Säuren über, gleich jenem bilden sie mit den Säuren Aether und zusammengesetzte Aetherarten. Die bekanntesten Glieder der Alkoholfamilie sind außer ihrem Typus der Holzgeist, auch Methyl-Alkohol, $C_2H_4O_2$ genannt, entstehend bei der trockenen Destillation des Holzes — ferner der Amyl-Alkohol, $C_{10}H_{12}O_2$, eine Flüssigkeit von widrigem Geruch, die unter dem Namen von Fuselöl bei der Destillation des Branntweins aus Kartoffeln gewonnen wird.

Die zahllosen Glieder, welche der Gesammtfamilie der Alkohole entsprossen sind, wurden von den Chemikern vielmehr im Interesse der Wissenschaft aufgesucht und studirt, als daß sie dabei eine praktische oder technische Ausbeutung im Auge gehabt hätten. Nichtsdestoweniger läßt sich erwarten, daß mancher dieser Stoffe dereinst auch in dieser Beziehung eine dankbare Seite darbieten wird. So z. B. wurde schon vor geraumer Zeit als eigenthümliches Zersetzungsproduct des Alkohols das Chloroform, C_2HCl_3,

entdeckt, welches sich bildet, wenn Weingeist mit Chlorkalk der Destillation unterworfen wird. Erst in späterer Zeit lernte man dessen eigenthümliche Wirkung auf den Organismus kennen, worauf sich seine Anwendung zum sogenannten Chloroformiren, d. i. Versetzen eines Individuums in bewußtlosen Zustand, bei chirurgischen Operationen gründet.

Die bedeutende technische Verwendung des Weingeistes als Brennmaterial, als Lösungsmittel, zu Firnissen u. a. m. ist hinreichend bekannt.

III. Klasse: Die organischen Basen. Eigenthümlich ist es, daß während viele der organischen Säuren den Chemikern schon seit lange bekannt waren, die Entdeckung der organischen Basen erst vor etwa 40 Jahren ihren Anfang nahm, obgleich sie gleich jenen in der Natur fertig gebildet sich vorfinden. Man wurde zuerst dadurch auf dieselben aufmerksam gemacht, daß manche Pflanzenstoffe, wie z. B. die Chinarinde, das Opium, sich durch eine specifische und energische Wirksamkeit auszeichnen. Die Vermuthung, daß nicht die ganze Masse jener Arzneisubstanzen eine solche Wirksamkeit besitze, sondern daß sie einem besondern Bestandtheile derselben angehöre, fand sich durch die wichtige Entdeckung der organischen Basen gekrönt, von welchen das Chinin, $C_{40}H_{24}N_2O_4$ und das Morphin, $C_{34}H_{19}NO_6$ die zuerst aufgefundenen und wichtigsten sind. Die Schwierigkeit ihrer Entdeckung erklärt sich daraus, daß sie erstlich nicht in großen Gewichtsverhältnissen in den genannten Rohstoffen enthalten sind und dann, daß es nicht leicht ist, dieselben in vollkommen reinem Zustande daraus darzustellen. Es erklärt sich daher auch der beträchtliche Preis, in welchem diese nur als Arzneimittel angewendeten chemischen Producte stehen und der für ein Pfund Chinin ungefähr 90 Gulden, für ein Pfund Morphin aber 150 Gulden beträgt.

Nachdem die Bahn einmal gebrochen war, richtete sich die chemische Untersuchung mit regem Eifer auf alle Stoffe, die durch irgend hervorstechende Eigenschaften sich auszeichneten, und es wurden in der That eine ziemliche Reihe organischer Basen entdeckt, von welchen wir noch das furchtbar giftige Strychnin, $C_{42}H_{22}N_2O_4$

anführen, das in mehreren giftigen Samen, wie in den sogenannten Krähenaugen, Ignatiusbohnen, Stephanskörnern und Kokkelskörnern enthalten ist. Aus dem Taback wurde das Nikotin, $C_{10}H_7N$, dargestellt, jenes tödtliche Gift, das in der Geschichte des Grafen Bocarmè eine so tragische Rolle spielte. Auch der Schierling enthält eine giftige Base, das Coniin, $C_{16}H_{15}N$ und auch an dieses knüpft sich eine traurige historische Erinnerung, denn Sokrates, der liebenswürdigste unter den Philosophen, starb am Schierlingstrank.

Dagegen scheinen die schwach basischen Stoffe, die in den Kaffeebohnen und in den Blättern des Theestrauchs aufgefunden wurden und die identisch sind, das Caffeïn und Theïn, $C_{16}H_{10}N_4O_4$, in einer wohlthätigen Beziehung zu unserer Nervenfunction und insbesondere zur Gehirnthätigkeit zu stehen. Im Safte des Fleisches ist ebenfalls eine organische Base entdeckt und Kreatin, $C_8H_9N_3O_4$ genannt worden, die für die Ernährung von Bedeutung ist.

Die organischen Basen sind theils feste, krystallisirbare Stoffe, wie Chinin, Morphin u. a., theils flüchtige Flüssigkeiten, wie das Nikotin und Coniin. Die erstern zeichnen sich durch einen außerordentlich bittern Geschmack aus, sodaß man in der Regel mit Erfolg auf die Anwesenheit einer organischen Basis schließen kann, wenn man Pflanzentheile untersucht, die auffallend bitter schmecken. Die organischen Basen färben das geröthete Papier blau, neutralisiren vollständig selbst die stärksten unorganischen Säuren, z. B. die Schwefelsäure, und bilden mit diesen sowol als mit den organischen Säuren neutrale, wohl krystallisirbare Salze. Wegen dieser prononcirt alkalischen Eigenschaft haben sie auch den Namen Alkaloïde erhalten, d. h. Stoffe, die den Alkalien ähnlich sind. Wie die beigefügten Formeln zeigen, enthalten sie alle Stickstoff und außerdem eine große Aequivalentzahl der übrigen Bestandtheile, sodaß sie Körper von sehr complicirter Zusammensetzung sind.

Alle seither genannten organischen Basen kommen von der Natur fertig gebildet vor; sie sind Producte der Organismen und Educte des chemischen Laboratoriums. Allein in neuerer Zeit ist

die Klasse dieser Verbindungen vermehrt worden durch die sogenannten künstlichen organischen Basen. Dieselben entstehen unter verschiedenen Umständen, so z. B. ist das Anilin $= C_{12}H_7N$ in den Oelen des Theers enthalten, der bei Bereitung des Leuchtgases aus Steinkohlen gewonnen wird. Außerdem bilden sich basische Körper bei Einwirkung des Ammoniaks auf gewisse Verbindungen aus der Familie der Alkohole, wovon wir als Beispiel das Trimethylamin C_6H_9N anführen, eine Flüssigkeit, die ganz den penetranten Geruch der Heringslake besitzt. Nachträglich fand man denn in der That, daß diese Base nicht nur in der Heringslake, sondern auch in einer durch ähnlichen Geruch ausgezeichneten Pflanze (stinkender Gänsefuß, Chenopodium foetidum genannt) enthalten sei.

IV. Klasse: Die indifferenten organischen Stoffe. Diese vierte und letzte Abtheilung enthält die zahlreichsten und mannichfaltigsten Glieder. Sie ist eine Art von Rumpelkammer, in welcher alles vorläufig untergesteckt wird, was keinen rechten chemischen Charakter documentirt. Es herrscht in der That zwischen den organischen Verbindungen der drei erstgenannten Klassen und denen dieser letzten ein ins Auge fallender Unterschied. Dort begegnen wir theils festen wohl krystallisirbaren Stoffen, theils Flüssigkeiten von constantem Siedpunkt und bestimmtem specifischen Gewicht — alles Eigenschaften, welche für die chemische Zusammensetzung derselben die wichtigsten Anhaltpunkte geben, sodaß wir fast ohne Ausnahme die bisher gegebenen Formeln mit einer Sicherheit aufstellen konnten wie in der unorganischen Chemie. Bei den nachfolgend aufzuzählenden Stoffen sehen wir uns mehr und mehr von dem rein chemischen Charakter der Materie verlassen und entweder dem organischen Stoff genähert oder in ein unentwirrbares Labyrinth von Gemengen verwickelt. So z. B. ist der Zucker ein schön krystallisirbarer und wohl charakterisirter Stoff, dessen chemische Zusammensetzung daher auch ganz unzweifelhaft festgestellt ist; allein sogleich begegnen wir bei zwei ihm ganz nahe stehenden Stoffen, bei der Stärke und dem Zellstoff, der unverkennbaren organischen Structur, die sich durch kein chemisches Agens verwischen läßt, ohne

die Zusammensetzung derselben zu alteriren. Bei gar manchen Substanzen, wie bei mehreren Harzen und eiweißähnlichen Stoffen, sind wir von einer exacten chemischen Auffassung noch weit entfernt.

Nichtsdestoweniger lichtet sich auch in diesem Gebiet das Dunkel mehr und mehr, und nicht wenige der früher hier untergebrachten Stoffe sind bei besserer Erkenntniß anderwärts eingereiht worden. Das vorhandene Material vertheilt sich in die nachstehenden Familien: Kohlenstoffhydrate, Farbestoffe, Bitter- und Süßstoffe, ätherische Oele, Harze und eiweißartige Stoffe.

Die Familie der Kohlenstoffhydrate hat diese Benennung daher, daß die ihr zugezählten Verbindungen einestheils Kohlenstoff enthalten und anderntheils Sauerstoff und Wasserstoff, in demselben Verhältniß, in welchem diese Stoffe miteinander Wasser bilden; sie könnten sonach als chemische Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasser, als „Kohlenstoffhydrate" betrachtet werden. Die aus denselben hervorgehenden Zersetzungsproducte bestätigen jedoch keineswegs, daß sie eine chemische Constitution besitzen, welche jener Benennung entspricht, die daher nur in Ermangelung einer zweckmäßigern beibehalten worden ist.

Es gehören in diese Familie einige der bekanntesten, verbreitetsten und nützlichsten Producte des Pflanzenreichs, an deren Spitze wir den Zucker stellen. Für den Chemiker charakterisirt sich der Zucker nicht einzig durch den süßen Geschmack, sondern hauptsächlich dadurch, daß er mit Gährungsmitteln zusammengebracht eine Zersetzung erleidet, welche man die geistige Gährung nennt und wobei der Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerfällt. Die vielen Süßigkeiten, die unsern Gaumen kitzeln, rühren jedoch von zwei verschiedenen Zuckerarten her. Die erste Art ist als vollkommenster Zucker zu betrachten, ausgezeichnet durch den reinsten süßen Geschmack und durch die Fähigkeit, ganz farblose, große und wohlausgebildete Krystalle zu bilden; sie wird Rohrzucker genannt, da sie im Zuckerrohr am reichlichsten enthalten ist. Allein auch unsere heimische Zuckerrübe, die Möhre und der Saft des Zuckerahorns enthalten dieselbe Zuckerart. Die Formel des krystallisirten Rohrzuckers ist $C_{12}H_{11}O_{11}$, die des wasserfreien $C_{12}H_{10}O_{10}$.

Die zweite Zuckerart wird Traubenzucker genannt und ist im Safte der Trauben und anderer süßen Früchte sowie auch im Honig enthalten, sie entsteht ferner als Umwandlungsproduct aus Stärke und Holzfaser. Der Traubenzucker bildet nur unvollkommen krystallisirte körnige Massen, die etwas gefärbt und weniger süß sind als Rohrzucker, auch meist einen Beigeschmack haben. Derselbe besteht aus $C_{12}H_{12}O_{12}$ und zerfällt bei der Gährung geradezu in 2 Aeq Alkohol und 4 Aeq. Kohlensäure nach folgender Gleichung:

$$C_{12}H_{12}O_{12} = (C_4H_6O_2) + 4\,CO_2$$

1 Aeq. Traubenzucker = 2 Alkohol und 4 Kohlensäure.

Eine dritte Zuckerart ist in der Milch der Säugethiere enthalten und wird Milchzucker, $C_{12}H_{11}O_{11} + HO$ genannt.

Zu den Kohlenstoffhydraten gehört ferner das bekannte arabische Gummi, $C_{12}H_{10}O_{10}$, das in gelben bis farblosen Körnern aus den Mimosen Asiens und Afrikas quillt und technisch vielfach verwendet wird. Als bedeutendstes Glied dieser Familie erscheint aber das Stärkmehl, auch Amylum, $C_{12}H_{10}O_{10}$ genannt, welches im Pflanzenreich außerordentlich verbreitet ist, denn wir begegnen demselben in den verschiedensten Pflanzen und Pflanzentheilen, wie z. B. in den Samen des Getreides und der Hülsenfrüchte, in den Knollen der Kartoffeln, der Bataten, Yams, des Manioks, im Marke der Sagopalmen, in den Früchten der Kastanie, Eichel u. a. m. Alle diese Stärkmehlarten stimmen in ihrem chemischen Verhalten überein, indem sie in kaltem Wasser unlöslich sind, in kochendem Wasser zu Kleister aufquellen, durch Jod eine prachtvoll blaue Farbe annehmen und unter dem Einfluß der Hitze, der Säuren und des Malzes sich erst in Stärkegummi und endlich in Traubenzucker verwandeln, worauf ihre Anwendung zur Bereitung der geistigen Getränke beruht. Unter dem Mikroskop läßt sich jedoch erkennen, daß die Stärkekörnchen, die von verschiedenen Pflanzen herrühren, sich durch Ungleichheit in Größe, Form und sonstigen Merkmalen wohl unterscheiden lassen, sodaß man recht gut im Stande war, den Beweis zu führen, daß die vor einiger Zeit als eine neue Wundergabe der Natur ausposaunte Revalenta arabica nichts anderes ist als das

Mehl einer unserer gewöhnlichsten Hülsenfrüchte. Bekanntlich macht das Stärkmehl einen Hauptbestandtheil unserer Nahrungsmittel aus; es wird jedoch mit dem Zucker, den Fetten und dem Alkohol zur Gruppe derjenigen Stoffe gereiht, welche Respirationsmittel genannt werden.

Den Schluß dieser Familie bildet die Pflanzenfaser, auch Zellstoff oder Cellulose, $C_{12}H_{10}O_{10}$ genannt, also diejenige Substanz, woraus das Zellgewebe aller Pflanzentheile besteht und welches unter anderm als Baumwollfaser in großer Reinheit auftritt. Auch dieser Stoff läßt sich in Gummi, Zucker und Weingeist überführen, und das Problem, aus Sägemehl Spiritus zu verfertigen, ist praktisch wirklich gelöst, wenn es auch bisjetzt sich nicht rentabel erwiesen hat. Am meisten Aufsehen — Knalleffect kann hier im wahrsten Sinne gesagt werden — machte jedoch die Entdeckung der Schießbaumwolle, ein merkwürdiger Stoff, der sich bildet, wenn Baumwolle einige Minuten lang in stärkste Salpetersäure eingeweicht wird. Wenn auch durch dieses Product das Pulver nicht verdrängt worden ist, so hat sich doch eine andere merkwürdige Anwendbarkeit desselben unerwartet gefunden. Löst man nämlich die Schießbaumwolle in Aether auf, so hinterläßt derselbe beim Verdunsten eine dünne homogene Haut, gewissermaßen eine Nachahmung der thierischen Haut. Diese Substanz, Collodium genannt, hat daher in der Chirurgie bei Verwundungen, namentlich aber in der Photographie eine äußerst werthvolle Anwendung erhalten.

Eine überraschende Entdeckung für die Physiologie war es, als neuerliche angestellte Untersuchungen zeigten, daß die Haut gewisser Meeresbewohner, der sogenannten Mantelthiere oder Tunicaten, ihrer chemischen Zusammensetzung nach identisch ist mit der Holzfaser, daß also diese Thiere Mäntelchen von Baumwollzeug tragen. Denn im Uebrigen ist die thierische Haut und Faser chemisch wesentlich verschieden von der pflanzlichen.

Dem Leser mag es nicht entgangen sein, wie im Vorstehenden mehrere Stoffe angeführt worden sind, die, wiewol verschieden in ihren Eigenschaften, doch eine gleiche chemische Zusammensetzung

haben, nämlich der wasserfreie Zucker, das Gummi, das Stärkmehl und die Holzfaser, welche alle durch die Formel $C_{12}H_{10}O_{10}$ ausgedrückt werden. Im theoretischen Theil werden wir diesen allerdings auffallenden Umstand besprechen.

Die Familie der Farbstoffe sollte nach der Mannichfaltigkeit der im Pflanzenreich herrschenden Farbenpracht als bedeutend vorausgesetzt werden. Allein sie ist dies keineswegs; denn die meisten jener entzückenden Farben unserer Blumen sind so leicht zersetzbar, daß sie unter den Händen der Chemiker verschwinden, und der Farbenschmelz, den wir am Gefieder der Vögel und an Schmetterlingen und Käfern bewundern, rührt weniger von eigenthümlichen färbenden Stoffen als vielmehr von der Beugung und Brechung des Lichts her. Einige wenige Farbstoffe, wie das Krapproth und das Indigoblau, zeichnen sich durch große Haltbarkeit aus; allein im übrigen sind sie indifferente Stoffe. Das schöne Grün der Blätter ist bekanntlich so wenig haltbar, daß es schon im Blatte selbst bald in Gelb und Braun übergeht. In der Färberei und den Künsten herrscht daher durchgehends die Anwendung der dauerhaften Metallfarben vor.

In der weniger bedeutenden Familie der Bitterstoffe und Süßstoffe begegnen wir zum Theil krystallisirbaren Stoffen von rein bitterm Geschmack, wie dem Picrotoxin, das aus den Kokkelskörnern, und dem Aloïn, das aus der Aloë dargestellt worden ist. Dagegen ist in der Manna eine süßschmeckende Substanz enthalten, welche Mannit genannt wird und von den Zuckerarten sich unterscheidet durch seine Unfähigkeit in geistige Gährung überzugehen.

Die Familie der ätherischen Oele wird von flüchtigen, meistens flüssigen Körpern gebildet, die fast alle Producte des Pflanzenreichs sind und durch Destillation aus verschiedenen Pflanzenstoffen gewonnen werden. Oele sind diese Körper wol nur genannt worden, weil sie gleich den fetten Oelen in Wasser unlöslich sind und auf demselben schwimmen. Auch machen sie auf Papier einen Fettfleck, der jedoch bald wieder verschwindet, weil die ätherischen Oele sehr flüchtig sind. Außerdem besitzt jedes dieser Oele einen eigen-

thümlichen, durchdringenden Geruch und einen brennenden Geschmack, und sowol der liebliche Duft der Blumen als das Aroma der Gewürze rührt von der Anwesenheit solcher Oele her, deren einige auch ausgezeichnete medicinische Wirksamkeit besitzen. Hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung bilden sie drei Gruppen, nämlich die Kohlenwasserstoffe, wohin das Terpentinöl, $C_{20}H_{16}$, das Citronöl, Bergamottöl und das Wachholderbeeröl gehören — ferner die sauerstoffhaltigen Oele, von welchen wir den Kampher, $C_{20}H_{16}O_2$, das Anisöl, Fenchelöl und Thymianöl nennen — endlich die schwefelhaltigen Oele, wohin die stark riechenden Oele des Knoblauchs und des Senfs gehören.

Mehrere ätherische Oele, wie z. B. das Bittermandelöl, das Zimmtöl, das Spiräaöl u. a. m., sind infolge der genaueren Untersuchung ihrer Constitution aus der Familie der ätherischen Oele ausgeschieden und theils den Säuren, theils den Verbindungen eingereiht worden, die aus den Alkoholen abgeleitet werden, und es dürfte durch fortgesetztes Studium gerade diese Familie ihrer Auflösung entgegenzusehen haben.

Nahe verwandt mit den ätherischen Oelen ist die Familie der Harze, denn sie entstehen zum Theil dadurch, daß erstere aus der Luft Sauerstoff aufnehmen und in Harze übergehen. Die meisten dieser in Wasser unlöslichen Körper werden von Weingeist, Aether, Terpentinöl, auch heißem Leinöl aufgelöst und als Firnisse verwendet. Sie schmelzen in der Wärme und zersetzen sich in größerer Hitze, wobei einige Harze sehr angenehm riechende Producte geben, weshalb sie zum Räuchern benutzt werden. Während mehrere Harze einen ziemlich ausgesprochenen chemischen Charakter und zwar den von schwachen Säuren haben, krystallinische Bildung zeigen und mit den Basen zu seifenartigen Verbindungen sich vereinigen, sind andere Gemenge verschiedener Stoffe von wenig bestimmtem Charakter. Als die bekanntern Harze erwähnen wir: Fichtenharz, Kolophonium, Schellack, Bernstein, Copal, Mastix, Benzoë, Kautschuk, Guttapercha, Asa foetida. Sie finden in der Medicin und in den Gewerben eine vielseitige und bedeutende Verwendung.

Die eiweißartigen Stoffe bilden die letzte Familie der

indifferenten organischen Verbindungen. Dieselben bestehen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und enthalten dies eine kleine Menge von Schwefel, welche zwei Procent übersteigt. Es gehören hierher das Eiweiß der Eier und des tes, die thierische Muskelfaser, die Käsesubstanz der Milch sowie liche Stoffe, welche in den Säften der Pflanzen, in den S des Getreides und der Hülsenfrüchte sich vorfinden. Alle diese S welche auch mit den Namen Albumin, Fibrin und Casein beze werden, sind in feuchtem Zustande ungefärbt, bilden getrocknet unkrystallisirbare, hornartige Masse und verbrennen unter Ve tung eines unangenehmen Geruchs, ähnlich wie die Haare. Fäulniß übergehend entwickeln sie ebenfalls die übelriechendsten ducte. Es ist bemerkenswerth, daß diese Stoffe im Pflanzen- Thierkörper ursprünglich in flüssigem Zustande enthalten sind, sie jedoch leicht in den festen Zustand übergehen, ohne dabe chemische Veränderung zu erleiden. Das Eiweiß gerinnt bekan beim Erhitzen; umgekehrt befindet sich im Blut der Faserstoff gelöst, welcher beim Erkalten desselben sich ausscheidet; der stoff der Milch scheidet sich beim Erhitzen derselben in Häuten und nach ab, oder plötzlich, wenn man ihr eine Säure oder Labmagen des Kalbes zusetzt. Da wie gesagt alle diese S nicht krystallisiren, auch mit andern Körpern keine constanten bindungen bilden, ferner beim Verbrennen stets kleine Aschenm hinterlassen, so fehlen ihnen die Hauptkriterien chemisch bestim Substanzen, es läßt sich ihre Zusammensetzung durch keine F ausdrücken. Das Eiweiß der Eier hat folgende procentische Z menſetzung:

Kohlenstoff	53,4
Wasserstoff	7,1
Stickstoff	15,6
Sauerstoff	23,0
Schwefel	0,9
	100,0

Die übrigen Eiweißstoffe haben eine hiermit theils übereinstimmende, theils so genäherte Zusammensetzung, daß gegenseitige

nahe Beziehungen derselben wohl anzunehmen sind. Man ist der Ansicht, daß diese Stoffe in der Ernährungsgeschichte der Thiere und des Menschen eine bedeutende Rolle spielen, daß sie namentlich bestimmt seien, die festen Muskel zu bilden, daher sie als die plastischen Nahrungsstoffe bezeichnet worden sind.

Wenn auch in dem Vorhergehenden eine Andeutung des wichtigsten Inhalts der organischen Chemie gegeben sein mag, so entziehen sich doch manche organische Stoffe selbst der Unterbringung in den weitgesteckten Rahmen der vierten Klasse und stehen bisjetzt noch isolirt da, einer spätern Deutung harrend. Substanzen dieser Art sind die Hornsubstanz des Thierreichs, zu welcher auch Haare und Federn gehören, die Hornsubstanz der Insekten, Chitin genannt, die leimgebenden Gebilde, wie Haut und Knorpel, welche die Gelatine und den Leim geben, der thierische Schleim u. a. m.

15. Zersetzung der organischen Verbindungen; Einwirkung bestimmter chemischer Agentien; Metamorphose, Modification, Substitution; trockene Destillation; freiwillige Zersetzung.

Wir haben früher gezeigt (S. 124), daß die unorganischen Verbindungen einfachere, aber fester unter sich verbundene Gruppirungen der Elemente sind, als dies bei den organischen Verbindungen der Fall ist. Man war daher im Stande, die bei der Wechselwirkung jener erstern eintretenden Zersetzungen leichter und früher zu übersehen, als bei den letztern. Es lassen sich über die gegenseitige Verwandtschaft der Elemente an sich sowie ihrer unorganischen Verbindungen einige Generalia aufstellen, die Anhaltpunkte geben über das bei eintretenden Conflicten derselben zu erwartende Resultat. Die Elemente theilen sich bekanntlich ab, in Nichtmetalle und Metalle; die letztern zeigen unter sich keine besondere Verwandtschaft und keine aus einer solchen hervorgehende Verbindungsreihe. Die Nichtmetalle dagegen bilden sowol unter sich eine große Reihe von Verbindungen und zwar vorzugsweise Säuren, als auch mit den Metallen — hier vorzugsweise Basen. Aus dem Conflicte von Basen und Säuren gehen die Salze her-

vor; Salze mit Salzen verbinden sich zu Doppelsalzen, oder sie zersetzen sich unter Umtausch ihrer Bestandtheile, oder sie sind ohne alle Einwirkung. Säuren wirken auf Salze in der Regel nur dann zersetzend, wenn die hinzutretende Säure eine stärkere ist, d. h. wenn sie mit der Basis des Salzes sich verbindet und die vorhandene Säure austreibt; ganz analog ist das Verhalten der Basen gegen Salze. Wenn auch im Bereich der unorganischen Chemie für jeden einzelnen Fall die Bestätigung durch Erfahrung nöthig ist, da Einwirkung der Temperatur, Flüchtigkeit, Schmelzbarkeit, Unlöslichkeit der entstehenden Producte die allgemeine Regel sehr bedeutend modificiren können, so lassen sich doch bald gewisse Maximen herausfinden, die den Operirenden im ganzen richtig leiten.

In einem davon sehr verschiedenen Verhältniß befand man sich aber gegenüber den organischen Verbindungen. Man hatte es hier zwar nur mit drei bis vier Elementen, dem Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, zu thun, allein die große Anzahl von Aequivalenten, die zu einer organischen Verbindung zusammentreten, führte da zu ganz andern Thatsachen und Betrachtungen. Wenn es richtig ist, daß die Zusammensetzung des Zuckers durch die Formel $C_{12}H_{11}O_{11}$ auszudrücken ist, und in der That unterliegt dies keinem Zweifel — so läßt sich sogleich die Frage aufwerfen, welche Producte werden entstehen, wenn wir diesem Körper nach und nach eins, zwei, drei und so fort Aequivalente Kohlenstoff, oder Wasserstoff, oder Sauerstoff zu entziehen im Stande wären, oder mehrere Aequivalente dieser Bestandtheile zugleich? Man sieht, daß bei der großen Anzahl der vorhandenen Aequivalente eine ganze Reihe von Gruppirungen aus dieser Formel abgeleitet werden kann. Wir haben bereits S. 138 gezeigt, daß durch die Gährung der Traubenzucker, $C_{12}H_{12}O_{12}$ geradezu zerfällt in 4 Aeq. Kohlensäure $= C_4O_8$ und 2 Aeq. Alkohol $= 2\ C_4H_6O_2$. Dem Alkohol können 2 Aeq. Wasserstoff entzogen werden, wodurch er in einen andern Körper verwandelt wird, der Aldehyd $= C_4H_4O_2$ heißt.

Die beim Beginn der Entwickelung der organischen Chemie vereinzelt dastehenden Beispiele der Art häuften sich bald in solcher Weise, daß in der That unter dem Einfluß verschiedener chemischer

Agentien zahllose Producte aus einigen wenigen gegebenen organischen Verbindungen hervorgerufen worden sind. Während anfänglich Einwirkungen mehr durch den Zufall bestimmt, ja mitunter auf Gerathewohl unternommen wurden, ergaben sich mit der Zeit aus der großen Anzahl der Resultate doch auch gewisse leitende Grundsätze über das aus dem Conflict der verwendeten Stoffe zu erwartende Product. Ja für gewisse Reihen organischer Körper hat die neueste Zeit eine Gesetzmäßigkeet für ihre unter bestimmten Umständen eintretenden Umsetzungen aufgefunden, welche der Genauigkeit mathematischer Vollziehungen gleichkommt und die Voraussetzungen weit übertrifft, die wir in den Processen der unorganischen Chemie bestätigt finden.

Wir müssen uns darauf beschränken, die wichtigsten Agentien nur anzudeuten, welche in der organischen Chemie dazu dienen, unzählige neue Producte aus einem gegebenen abzuleiten. Es gehört hierher vor allen der Sauerstoff. In vielen Fällen genügt schon die Gegenwart von Luft, um durch deren Sauerstoffgehalt einzuwirken, wie z. B. beim Uebergang des verdünnten Alkohols in Aldehyd und Essigsäure (S. 132). Erhöht wird seine Einwirkung durch die Gegenwart gewisser poröser Körper, namentlich des feinzertheilten Platins, des sogenannten Platinschwamms und Platinmohrs; ferner zeigt es sich, daß der Sauerstoff eine ungleich energischere oxydirende Wirkung besitzt, in dem Augenblicke, wo er von einem Körper abgeschieden wird, mit welchem er vorher verbunden war. Setzt man z. B. ein Gemenge von Manganüberoxyd, MnO_2 und Schwefelsäurehydrat, aus welchem beim Erhitzen Sauerstoff sich entwickelt, zu gewissen organischen Verbindungen, so wirkt der Sauerstoff zersetzend auf dieselben ein und bildet neue Producte. So bleibt eine Auflösung von Zucker unverändert, wenn man Sauerstoffgas durch dieselbe leitet; wird sie dagegen mit Manganüberoxyd und Schwefelsäure erwärmt, so tritt eine stürmische Zersetzung ein, indem Ameisensäure und Kohlensäure gebildet werden. Auch andere Stoffe, wie namentlich der Wasserstoff, zeigt im Moment seines Freiwerdens, welchen man den Status nascens, den Entstehungsmoment, genannt hat, eine erhöhte Verwandtschaftskraft.

Es wurde bereits früher angeführt (S. 51 und 52), daß für solche Erscheinungen eine Art von Erklärung durch den sogenannten Allotropismus versucht worden ist.

Sauerstoffreiche Körper, die ihren Sauerstoff leicht abgeben und daher zu Oxydationsprocessen organischer Stoffe angewendet werden, sind ferner: das Bleiüberoxyd, die Chromsäure und die Salpetersäure.

Nächst dem Sauerstoff ist das Chlor eins der wichtigsten Agentien auf organische Verbindungen. Mit vorwaltender Verwandtschaft zum Wasserstoff begabt, strebt er mit demselben sich zu verbinden und entzieht so den Wasserstoff den organischen Verbindungen, welche nun eine andere Constitution erhalten. Hierbei tritt in den meisten Fällen das merkwürdige Verhalten ein, daß für je ein Aequivalent Wasserstoff, welches der organischen Verbindung entzogen wird, ein Aequivalent Chlor in diese eintritt, gleichsam an die Stelle des Wasserstoffs sich begibt, diesen vertritt oder substituirt. Daher wird denn auch dieser Vorgang mit dem Namen der **Substitution** bezeichnet. Wird z. B. Essigsäure $= C_4H_3O_3$ mit Chlor behandelt, so wird derselben ein Aequivalent Wasserstoff entzogen und es tritt Chlor an dessen Stelle nach folgender Gleichung:

$$C_4H_3O_3 + Cl_2 = C_4H_2ClO_3 + ClH$$

Das neu entstandene chlorhaltige Product $= C_4H_2ClO_3$ wird Chloressigsäure genannt, da es in seinen Eigenschaften große Uebereinstimmung mit der Essigsäure zeigt. Ueberhaupt stimmen die Substitutionsproducte hinsichtlich ihres Charakters im allgemeinen überein mit den Stoffen, aus welchen sie abgeleitet worden sind. Es verliert sich jedoch diese Uebereinstimmung um so mehr, je größer die Anzahl der substituirten Aequivalente ist. Diese Substitution spielt in der organischen Chemie eine um so wichtigere Rolle, als nicht allein das Chlor, sondern auch das Brom, Jod — ja selbst zusammengesetzte Stoffe, wie Cyan, Untersalpetersäure, NO_4, das Ammoniak u. a. m. als Substituenten auftreten können.

In manchen Fällen läßt man nicht das Chlor direct auf die organischen Körper einwirken, sondern Verbindungen, die reich sind an Chlor, wie den fünffach Chlorphosphor $= PCl_5$ und das Phosphoroxychlorid $= PO_2Cl_3$.

Außer den bisher genannten sind noch die starken Säuren und Basen als Agentien anzuführen, die häufig angewendet werden zur Einwirkung auf organische Verbindungen. Wenn auch im allgemeinen gesagt werden kann, daß die Schwefelsäure vorzugsweise Wasser entziehend wirkt und daß die ätzenden Alkalien meist die Entstehung von Säuren hervorrufen, mit welchen sie sich verbinden, so treten hier doch auch weiter gehende Zersetzungen und Umsetzungen ein, die ohne specielles Eingehen sich nicht darstellen lassen.

Nichts ist jedoch mehr geeignet, den Unterschied zwischen unorganischen und organischen Verbindungen lebhaft ins Auge fallen zu lassen, als das Verhalten der letztern in den Processen der sogenannten freiwilligen Zersetzung und der trockenen Destillation.

Eine tägliche Erfahrung zeigt uns, daß die Leichen der Pflanzen und Thiere eine rasche Veränderung erleiden, daß aus ihren Bestandtheilen eine Reihe von Producten entsteht, während der Körper selbst, aus dem diese sich bilden, allmählich verschwindet. Erinnern wir uns, daß solche organische Gebilde aus den mannichfachen Verbindungen bestehen, von denen soeben eine Uebersicht gegeben worden ist, ferner daß jede dieser Verbindungen eine complicirte Aequivalentgruppe ist, daß ein hinreichender Wassergehalt den Bestandtheilen die erforderliche Beweglichkeit gestattet und der oxydirende Einfluß des Sauerstoffs der Luft mit angreifen kann, so muß eine allgemein gegenseitige Einwirkung stattfinden, gewissermaßen ein bellum omnium contra omnes, sobald die organische Lebensthätigkeit aufgehört hat, diese widerstreitenden Stoffe nach ihren Gesetzen zu erhalten und zu verwenden. Es ist, um uns ein Bild der nach dem Tode eintretenden Reaction zu machen, als ob man alle mit Chemikalien gefüllten Gefäße eines Laboratoriums plötzlich miteinander in Verbindung gesetzt hätte, und wo nun ebenfalls eine stürmische Wechselwirkung der Stoffe aufeinander sogleich eintreten würde.

Ohne Zweifel hatte auch die unorganische Materie ihre Periode großartiger gegenseitiger Einwirkungen, die jedoch mehr als Bildungs-, denn als Zersetzungsproceß zu bezeichnen ist. Es war

dies in jener Epoche, in der, wie die Schrift sagt: „das Flüssige von dem Festen sich schied", wo die ursprünglich dunstförmig im Weltraume schwebenden Elemente, durch Verdichtung einander näher gerückt, nun chemisch aufeinander einwirkten. Eine Folge hiervon sind die verwickelten Zusammensetzungen mancher Minerale, deren Bildung gleichsam nur in einem Topfe vorgehen konnte, in den alles Mögliche zusammengeschüttet worden war.

Die trockene Destillation unterscheidet sich von der freiwilligen Zersetzung, welche je nach der Art ihres Vorgehens und der entstehenden Producte als Gährung, Fäulniß, Verwesung und Vermoderung bezeichnet wird, hauptsächlich dadurch, daß bei ersterer die Pflanzen- oder Thierstoffe in einem Gefäße erhitzt werden, sodaß also die Mitwirkung von Sauerstoff und Wasser der Atmosphäre ausgeschlossen ist, während die Einwirkung der Wärme die chemische Zersetzung befördert.

Bei der freiwilligen Zersetzung ändern sich die entstehenden Producte, je nachdem sie mehr oder minder unter Zutritt von Wasser, in größerer oder geringerer Wärme vor sich geht. Unter dem Gefrierpunkte z. B. hört sie gänzlich auf. Bei der trockenen Destillation ist es von Einfluß, ob die Wärme eine allmählich zunehmende oder rasch zur Glühhitze gesteigerte ist. Bei beiden Vorgängen ist es natürlich von Einfluß auf die Resultate, ob die der Zersetzung unterworfenen Gegenstände nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestanden, oder ob sie auch Schwefel und Stickstoff enthielten.

Im allgemeinen treten bei diesen Zersetzungen anfänglich wasserstoffreichere Verbindungen auf, welchen später Säuren nachfolgen, und als Rückstand bleibt ein sehr kohlenstoffreicher Körper oder reine Kohle.

Als Endproducte der freiwilligen Zersetzung erscheinen: Wasser, Kohlenwasserstoffgas, Schwefel- und Phosphorwasserstoff und Ammoniak; ferner Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphor- und Salpetersäure.

Bei der Destillation von Holz oder Steinkohlen erhält man: Wasser, Holzgeist, Essigsäure, Ammoniak, flüchtiges Theeröl, Theer,

Kohlenwasserstoffgas, Leuchtgas, Naphtalin, Kreosot, Kohlensäure, Kohlenoxyd und als Rückstand bleibt Kohle.

Stickstoff- und schwefelhaltige Thierkörper liefern zum Theil dieselben Producte, dabei aber noch Verbindungen von Ammoniak mit Schwefelwasserstoff, Kohlensäure und Blausäure und furchtbar übelriechenden Theer.

In einem der folgenden Abschnitte wird eine chemische Fabrik beschrieben, welche unter anderm auch die aus der Zersetzung thierischer Stoffe hervorgehenden Producte zum Gegenstand ihrer Industrie hat, und hierbei ist auch Gelegenheit gegeben, auf diese Verhältnisse näher einzugehen.

16. Theorie der Chemie, die chemischen und physikalischen Grundlagen der Theorie, die Verbindung der gasförmigen Körper in bestimmten Volumenverhältnissen.

Durch alle Wissenschaften geht ein Zug nach theoretischer Begründung derselben. Alle haben ihren Ursprung in zufälliger Beobachtung vereinzelter Thatsachen, im empirischen Sammeln und Zusammenziehen eines Inhalts — allein früher oder später stellt sich das Bedürfniß nach tieferer Einsicht in das Wesen der Dinge und Erscheinungen ein. Das Naturgesetz tritt allmählich hervor, es wird meist nach vielfachem Widerspruch und Kampf erweitert und befestigt und es fehlt zur Befriedigung des menschlichen Geistes alsdann nur noch der Nachweis seines Grundes, die Einsicht in die innere Nothwendigkeit desselben. Allein nur in wenigen Gebieten sind Beobachtung und Speculation so glücklich gewesen, vereint diesen Erfolg zu erreichen. So ist die reine Mechanik auf einige Grundprincipien zurückgeführt worden, in welchen das Wesen aller ihrer Erscheinungen beruht, aus welchen alle consequent und nothwendig sich ableiten lassen; sie ist in diesem Sinne eine vollendete Wissenschaft. Eine ähnliche befriedigende Begründung haben einzelne Theile der Physik erhalten, wie die Lehre vom Schall durch die Entwickelung der Wellenlehre und ebenso erscheint die Wissenschaft

vom Lichte seit Zulassung der Hypothese vom Lichtäther in ihrer Grundlage vollendet.

Die Chemie kann nicht mit derselben Befriedigung auf ihre theoretische Grundlage hinweisen. Für eine Reihe ihrer wichtigsten Phänomene, für die Verwandtschaftserscheinungen hat sie noch keine, allen Fällen genügende Theorie aufzustellen vermocht, sie muß sich darauf beschränken, statt einer genügenden Erklärung einstweilen eine Kraft zu substituiren, die unter dem Namen der Verwandtschaft oder Affinität doch nur ein Lückenbüßer, ein Wort an der Stelle eines Grundes ist.

Nichtsdestoweniger müssen die Bestrebungen der Chemiker unserer Zeit nach Ausbildung der chemischen Theorie als außerordentlich erfolgreich bezeichnet werden; ja wenn aus den unverkennbar unter unsern Augen gemachten Fortschritten in dieser Richtung nur mit einiger Wahrscheinlichkeit auf ein Weitergehen in gleichem Verhältniß geschlossen werden darf, so sollte man den Zeitpunkt für nahe gerückt halten, in welchem die Chemie ihre theoretische Begründung vollendet haben wird.

Die in diesem Augenblick in der Chemie geltende und herrschende Theorie beruht vor allem und ganz vorzüglich auf dem Gesetz der chemischen Aequivalente und ihrer Multiplen. Wir haben bereits S. 33 ff. hervorgehoben, wie die Verbindung der einfachen Stoffe nach festen Gewichtsverhältnissen, die Art ihrer gegenseitigen Vertretung und ihrer sprungweisen Vervielfachung die wichtigste Grundlage für die ganze Wissenschaft der Chemie bilde. Allein der theoretischen Speculation steht die Zuziehung noch weiterer Thatsachen und Gesetzmäßigkeiten zu Gebote. Hierher gehört das merkwürdige Verhalten gasförmiger Körper bei gegenseitiger chemischer Verbindung in sehr einfachen Raumverhältnissen (Volumen) zusammenzutreten. So vereinigen sich, um Wasser (HO) zu bilden, genau zwei Volume Wasserstoffgas mit einem Volum Sauerstoffgas; die gasförmige Chlorwasserstoffsäure (ClH) entsteht, wenn ein Volum Chlorgas mit einem gleichen Volum Wasserstoffgas vermischt dem Sonnenlicht ausgesetzt wird. Das Volum der in diesen Fällen entstehenden Verbindungen, vorausgesetzt daß dieselben im gas-

förmigen oder dampfförmigen Zustande und unter übrigens gleichen Umständen sich befinden, ist dem der Summe der zusammengetretenen Gasvolume entweder gleich oder es ist geringer, indem bei ihrer chemischen Vereinigung eine Verdichtung stattgefunden hat. Im letztern Falle steht jedoch das Volum der entstandenen Verbindung in einem einfachen Verhältniß zu den Volumen der Bestandtheile. So z. B. vereinigt sich ein Volum Chlorgas mit einem Volum Wasserstoffgas ohne Verdichtung zu zwei Volumen Chlorwasserstoffgas; wenn aber zwei Volume Wasserstoffgas mit einem Volum Sauerstoffgas sich verbinden, tritt eine Verdichtung ein, indem nur zwei Volume Wasserdampf entstehen; ein Volum Stickstoffgas vereinigt sich mit drei Volumen Wasserstoffgas unter Verdichtung auf zwei Volume Ammoniakgas (NH_3).

Es herrscht also eine ganz entsprechende Gesetzmäßigkeit, wenn die Elemente nach dem Maße sich verbinden, wie das gezeigt wurde für ihre Verbindung nach äquivalenten Gewichten. Beide Gesetzmäßigkeiten kann ich überdies in Zusammenhang bringen, indem ich jene Volume der gasförmigen Körper wiege. Es wiegt aber ein Volum Wasserstoffgas 0,0693 Gramme, wenn ein gleiches Volum Chlorgas 2,458 Gramme wiegt. Es muß folglich einerlei sein, ob ich gleiche Volume dieser Gase zusammenbringe oder die vorstehend genannten Gewichte derselben. Nach dem früher entwickelten Aequivalentengesetz (S. 39) ist jedoch gezeigt worden, daß das Aequivalent des Wasserstoffs = 1, das des Chlors = 35,5 ist, daß also beide in den Gewichtsverhältnissen von 1 zu 35,5 sich chemisch miteinander verbinden. Wenn nun kein Widerspruch aus beiden Thatsachen sich ergeben soll, so müssen die Gewichte der gleichen Volume beider Gase sich zueinander verhalten genau wie die Aequivalentzahlen der beiden Elemente. Und dies ist in der That der Fall. Dividirt man das Gewicht eines Volumes Chlor = 2,458 durch das Gewicht eines gleichen Volumes Wasserstoff = 0,0693, so erhält man die Zahl 35,5, welche übereinstimmt mit dessen Aequivalent, Cl = 35,5. Am besten lassen sich diese Verhältnisse ausdrücken durch die folgende Gleichung: 2,458 : 0,0693 = 35,5 : 1.

Wir müssen hier erinnern, daß die relativen Gewichtsmengen

gleicher Volume verschiedener Körper, bezogen auf die Einheit eines derselben, mit dem Namen der Dichte oder der specifischen Gewichte jener Körper bezeichnet werden (S. 16). Die oben für gleiche Volume Chlor und Wasserstoff gegebenen Zahlen 2,458 und 0,0693 sind in der That die specifischen Gewichte dieser Gase, bezogen auf das gleich Eins gesetzte Gewicht eines gleichen Volums gewöhnlicher Luft. Es ergibt sich somit als Endresultat unserer Betrachtung der chemischen Verbindungen gasförmiger Körper nach Volumen und Aequivalenten, daß die specifischen Gewichte derselben zueinander in denselben Verhältnissen stehen wie ihre Aequivalentgewichte. Könnten wir in der That alle Elemente in gasförmigen Zustand versetzen, so würden die relativen Gewichte gleicher Volume dieser Gase ihre chemischen Aequivalente darstellen. Wir hätten somit eine zweifache Bestätigung des so wichtigen Grundsatzes der Aequivalente, einmal durch die Verhältnisse der chemischen Verbindungen, das andere mal durch die Bestimmung der specifischen Gewichte der einfachen Stoffe.

Die Uebereinstimmung zwischen Aequivalent und Dichte, soweit man dieselbe bis jetzt an gasförmigen Stoffen oder an solchen, die sich beim Erwärmen in Gase verwandeln, beobachtet hat, ist jedoch keine vollständige. Während die Räume, welche von den äquivalenten Gewichtsmengen des Wasserstoffs H = 1, Stickstoffs N = 14, Chlors Cl = 35,5, Broms Br = 80 und des Jodes J = 127 erfüllt werden, in der That einander gleich sind, zeigt es sich, daß die von den äquivalenten Gewichtsmengen des Sauerstoffs O = 8, des Phosphordampfes P = 31 und des Arsendampfes As = 75 erfüllten Räume nur halb so groß sind, als bei den vorhergehenden Elementen; ja es nimmt ein Aequivalent Schwefel S = 16 in Dampfform nur den sechsten Theil des Raumes ein, welcher von einem Aequivalent jener erstgenannten Stoffe erfüllt wird.

Man kann daher auch nicht die specifischen Gewichte der gasförmigen Elemente mit ihren chemischen Aequivalenten identificiren. Es lassen sich aber die wichtigen Beziehungen derselben zueinander in Form des folgenden Gesetzes ausdrücken: Gleiche Volume verschiedener Gase oder Dämpfe schließen Gewichtsmengen ein, welche

entweder geradezu oder nach einfachen Verhältnissen abgeändert, den Aequivalentgewichten proportional sind.

Eine praktische Seite dieses Gesetzes besteht darin, daß man ein und dieselbe Thatsache, z. B. das Aequivalent eines Elementes oder sein specifisches Gewicht aus zwei Versuchsreihen ableiten kann, die auf ganz verschiedenen Grundlagen beruhen und somit sich gegenseitig zur Bestätigung dienen. Auch hat man in Fällen, wo z. B. die Bestimmung des Aequivalents auf chemischem Wege schwierig oder unsicher ist, die Möglichkeit einer Correction durch die Bestimmung des specifischen Gewichts und umgekehrt.

Zur Aufstellung der chemischen Theorie nehmen wir noch weitere Thatsachen der experimentellen Chemie zur Hülfe. Diese ergeben sich aus gewissen Eigenthümlichkeiten, die nur der organischen Chemie angehören. Man begegnet hier dem merkwürdigen Falle, daß dieselben Elemente, z. B. Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, genau in denselben Gewichtsverhältnissen chemisch sich verbindend, dennoch Körper von ganz verschiedenen Eigenschaften zu bilden vermögen; ferner daß, wie bereits S. 146 ausgeführt wurde, aus organischen Verbindungen einzelne Aequivalente ausgeschieden und durch andere Elemente, ja durch zusammengesetzte Aequivalente substituirt werden können, ohne wesentliche Veränderung des chemischen Charakters jener Verbindung. Beide auffallende Thatsachen verlangen zu ihrer Erklärung gewisse Vorstellungen, Hypothesen über die Constitution der Materie, welche wir sogleich entwickeln werden.

Ueberdies hat der Chemiker eine Reihe von physikalischen Thatsachen im Auge zu behalten, wie die Gesetzmäßigkeit, nach welcher alle Körper bestimmte Formen annehmen, indem sie krystallisiren — die Beziehungen, welche zwischen den Aequivalenten und der specifischen Wärme der Elemente sowie ihrer Verbindungen bestehen — den Einfluß der chemischen Zusammensetzung gewisser Verbindungen auf ihren Siedpunkt, und endlich die trennende und bindende Gewalt, welche durch die Elektricität auf die Körper der Chemie ausgeübt wird.

Wir müßten alle diese Thatsachen, die in ihrem gesetzmäßigen Auftreten auf einen nothwendigen innern Zusammenhang hinweisen,

einer ausführlichen Darstellung und gegenseitigen Beziehung unterwerfen, wir müßten versuchen, den Leser selbst zur Auffindung einer Grundidee hinzuleiten, die mit allen vereinbar, allen als Grund dienen würde, die als Resultante hervorgehen müßte, aus so vielen, in verschiedenster Richtung unternommenen Angriffen.

Allein eine so weit gehende Ausführung verträgt sich nicht mit der uns gesteckten Aufgabe. Wollten wir jener in der That uns hingeben, so würde ein umfangreiches Werk entstehen, wie es der Chemiker von Fach bedarf, ein Unternehmen, das bei der vorhandenen trefflichen Literatur überflüssig erscheint. Wir beschränken uns daher, die chemische Theorie darzustellen, wie sie aus den angeführten Reihen chemischer und physikalischer Beobachtungen sich gestaltet hat und suchen nachträglich die Consequenzen der Theorie im einzelnen nachzuweisen und zu bestätigen.

17. Theorie der Chemie; Constitution der Materie; die Atomenlehre; Cohäsion; chemische Verwandtschaft; chemische Verbindung; Atome und Moleküle; Molekularkräfte; Krystallbildung.

Die Materie besteht aus kleinsten Theilen, welche Atome genannt werden. Die Atome sind kugelförmig, allein sie können verschieden sein in Größe, Gewicht, Farbe und sonstigen Eigenschaften. Der Umfang der Atome ist außerordentlich gering, sodaß ein einzelnes Atom selbst durch die stärkste Vergrößerung eines Mikroskops vom Auge nicht unterschieden werden kann. Ein Atom kann weder durch ein mechanisches Mittel, noch durch irgendeine physikalische oder chemische Einwirkung getheilt werden; es ist eine untheilbare Masse. In der That ist die Benennung dieser unzertrennbaren kleinsten körperlichen Massen abgeleitet von dem griechischen Worte „atomos", das so viel heißt wie „unzerschneidbar".

Wenn ich also irgendeinen Körper in die Hand nehme, so habe ich eine Zusammenhäufung von außerordentlich vielen Atomen, die zusammen diesen Körper bilden, und die Eigenschaften desselben, seine Ausdehnung, Farbe, Form u. a. m. hängen von der Anzahl, der Farbe, sowie von der Anordnung seiner Atome ab.

Es gibt Stoffe, die durchaus nur aus einerlei Atomen bestehen und solche Körper werden einfache Stoffe oder chemische Elemente genannt. Ein Stück Schwefel ist die Zusammenhäufung von lauter kleinen Schwefelatomen; eine gewisse Menge von Quecksilber besteht aus Quecksilberatomen.

Andere Körper enthalten Atome verschiedener Art; dies ist der Fall bei den chemischen Verbindungen, sowie bei Gemengen. In keinem Falle lassen sich alsdann die verschiedenartigen Atome durch das Auge nebeneinander erkennen. Erst indem wir die chemische Analyse zu Hülfe nehmen und die verbundenen Atome trennen, erkennen wir, daß z. B. in dem Zinnober Atome von Schwefel und Quecksilber vorhanden waren, daß die Luft ein Gemenge von Atomen des Sauerstoffs mit Atomen von Stickstoff ist.

Jedes Atom ist mit gewissen Kräften ausgestattet, es ist ein Träger von Kraft, die aus allen Atomen eines Körpers summirt, diesem die thätige Rolle verleiht, welche er in den verschiedenen Naturerscheinungen übernimmt. Für unsere Betrachtung erscheinen am wichtigsten die Zusammenhangkraft oder Cohäsion und die chemische Verwandtschaft oder Affinität.

Wenn wir es versuchen, irgendeinen Körper in Stücke zu zerbrechen, so bedürfen wir hierzu eines gewissen Aufwandes von Kraft, um die zusammenhängenden Theile desselben voneinander zu trennen. Es beruht dieses darauf, daß jedes Atom des Körpers eine Anziehungskraft äußert gegen alle ihm zunächst liegenden Atome desselben, und als Ergebniß dieser gegenseitigen Anziehung der Atome erscheint der Widerstand, welchen der Körper der trennenden Kraft entgegensetzt.

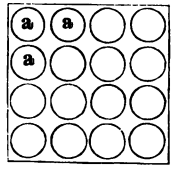
Jene Anziehung, welche Atom an Atom reiht und alle Theile eines Körpers zusammenhält, wird Zusammenhangkraft oder Cohäsion genannt. Es ist eigenthümlich und bemerkenswerth, daß dieselbe sich jedoch nur auf eine Sphäre von äußerst geringer Ausdehnung erstreckt. So verschwindend klein das Atom ist, so unmeßbar klein scheint auch das Bereich seiner Anziehungskraft zu sein. In der That, wenn wir die Bruchstücke eines Körpers auch noch so genau wieder aneinanderlegen, so haften sie doch nicht mehr

aneinander, wir sind nicht im Stande, jene innige Berührung wiederherzustellen, welche zwischen den Atomen bestanden hatte, solange sie noch zusammenhingen.

Die Cohäsionskraft verschiedener Atome ist sehr ungleich; es hängen z. B. die des Eisens und Diamants mit größerer Stärke aneinander, als die des Schwefels und der Kreide, während die Atome des Wassers und die des Quecksilbers einen noch weit geringern Zusammenhang zeigen. Endlich erscheinen die Atome gasförmiger Körper so weit voneinander entfernt, daß die Wirksamkeit ihrer Cohäsionskraft sich gar nicht äußert, daß sie folglich gar keinen Zusammenhang haben. Preßt man jedoch Gase sehr stark zusammen, so werden ihre Atome einander näher gerückt und bei den meisten Gasen kann dies bis zu dem Grade bewerkstelligt werden, daß ihre Atome wirklich Zusammenhang erhalten, so daß sie als flüssige oder feste Körper erscheinen.

Wollten wir uns ein der Atomenlehre entsprechendes Bild machen, das gleichsam die innere Anordnung oder Constitution eines Körpers versinnlicht, so könnten wir uns z. B. unter Fig. 13 ein Stück Schwefel vorstellen, das aus lauter kleinen Schwefelatomen a besteht.

Fig. 13.



Nach den Ansichten, welche jedoch die Physiker über die Wärme, die Elektricität und den Magnetismus haben, müßte dieses Bild noch manche weitere Ausführung erhalten. Die Erfahrung zeigt, daß alle Körper sich ausdehnen, einen größern Raum einnehmen, sobald man ihnen Wärme zuführt; umgekehrt, sobald man einen Körper zusammendrückt, macht sich eine gewisse Wärme fühlbar, gleich als ob diese aus jenem Körper herausgepreßt worden wäre. Auch beobachtet man, daß alle Körper sich auf einen kleinern Raum zusammenziehen, wenn denselben Wärme entzogen wird. Da angenommen wird, daß ein Atom stets unveränderlich ein und dieselbe Größe besitze, so werden jene Volumenveränderungen unter dem Einflusse der Wärme in folgender Weise erklärt. Jedes Atom eines Körpers ist rings umgeben von einer Hülle von Wärme, von der sogenannten Wärmesphäre; diese Hülle verhindert

in der That ein absolutes Zusammenhängen der kleinsten Theilchen, ja sie gestattet selbst in den dichtesten Körpern den Atomen eine gewisse Beweglichkeit, die wenn auch äußerlich nicht wahrnehmbar, dennoch innerhalb stattfinden kann. Die Wärmesphären wirken der Cohäsionskraft, welche die Atome einander nähert, geradezu entgegen — sie halten die Atome auseinander. In der That, wenn durch Zuleitung von Wärme jene Sphären vergrößert werden, so rücken die Atome auseinander, die Cohäsionskraft, nur in geringster Ferne wirksam, wird geschwächt, der Körper wird ausgedehnt und sein Zusammenhang vermindert sich. Es ist bekannt, daß ein Körper, indem wir ihn erwärmen, aus dem festen in den flüssigen und endlich in den luftförmigen Zustand übergehen kann. Denn zuletzt erweitern sich die Wärmesphären in solchem Maße, daß die Atome, dem Bereich ihrer Anziehungskraft entrückt, allen Zusammenhang verlieren. Die Umkehrung dieser Erscheinungen findet statt beim Abkühlen oder Zusammendrücken der Körper. Somit stellen wir uns durch Fig. 14 einen Körper vor, dessen Atome von Wärme-

Fig. 14.

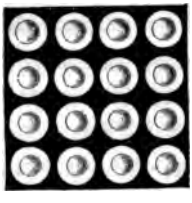
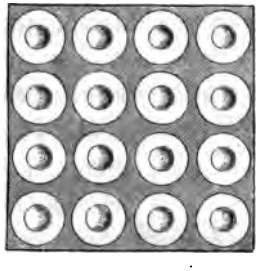


Fig. 15.



hüllen umgeben sind. Die folgende Figur (15) zeigt denselben Körper im erwärmten und dadurch ausgedehnten Zustande, mit erweiterten Wärmehüllen.

Bisher hatten wir nur solche Körper im Auge, welche aus einerlei Atomen bestehen, sowie das Verhalten dieser gegeneinander. Wenn ich jedoch zwei verschiedene Körper zusammenbringe, sodaß jetzt Atome verschiedener Art miteinander in Berührung kommen, so äußern auch diese eine gegenseitige Anziehung, die sich jedoch

von der Cohäsion wesentlich unterscheidet. Sie wird die chemische Anziehung, Verwandtschaft oder Affinität genannt und ihre Eigenthümlichkeit besteht darin, daß irgendwelche Atome ihre bisherigen Eigenschaften nicht mehr erkennen lassen, sobald und solange sie, der chemischen Anziehung folgend, mit andern Atomen zusammengetreten sind. Wenn z. B. Atome von Quecksilber mit solchen von Schwefel in die geeignete Berührung kommen, so ziehen sie sich chemisch an und in dem Augenblicke, wo diese verschiedenen Atome sich vereinigen, sind sie als solche nicht mehr wahrnehmbar, indem an ihrer Stelle ein Körper mit ganz andern Eigenschaften erscheint, nämlich der Zinnober. Man nennt ein solches Zusammentreten verschiedener Atome eine chemische Verbindung und ist der Ansicht, daß diese Atome keineswegs aufhören als solche zu existiren, solange sie miteinander verbunden sind. Man stellt sich vor, daß in jedem kleinsten Theilchen von Zinnober ein Schwefelatom an ein Quecksilberatom gereiht und durch die chemische Verwandtschaft mit diesem vereinigt ist.

Atome, welche chemisch miteinander verbunden sind, besitzen eine gemeinschaftliche Wärmehülle, sie sind mit einander in absolute Berührung getreten und keineswegs durch ihre Wärmehüllen geschieden, wie dies von den Atomen eines einfachen Körpers Fig. 13 gezeigt wurde. Versinnlichen wir uns hier noch den chemischen Verbindungsproceß, so erblicken wir in Fig. 16 einzelne

Fig. 16. Fig. 17. Fig. 18.

Atome Schwefel und Quecksilber mit ihren Wärmehüllen; Fig. 17 zeigt uns dieselben chemisch verbunden und von ihrer gemeinschaftlichen Wärmehülle umgeben. Auch widerstreitet es nicht der atomistischen Grundansicht, wenn wir annehmen, daß bei der chemischen Verbindung die beiden Atome sich abplatten und in Gestalt einer Kugel aneinander legen (Fig. 18).

Eine größere Masse von Zinnober hätte nach diesen Vorstellungen die durch Fig. 17 oder 18 erläuterte innere atomistische Constitution.

Infolge der chemiſchen Verwandtſchaft treten jedoch nicht nur zwei Atome, ſondern in vielen Fällen auch drei oder vier derſelben, ja, bei den organiſchen Verbindungen eine ſehr große Anzahl derſelben in unmittelbarſte Berührung, um eine Atomgruppe unter gemeinſchaftlicher Wärmehülle zu bilden. Man bezeichnet eine ſolche mit dem Ausdruck „Molekül“.

Wenn ich alſo z. B. von einem Kreide-Molekül ſpreche, ſo verſtehe ich darunter die Gruppe von einem Atom Calcium, einem Atom Kohlenſtoff und drei Atomen Sauerſtoff, welche ſich zu dem kleinſten phyſikaliſch denkbaren Theilchen Kreide verbunden haben, entſprechend der Formel CaO, CO_2 (vgl. S. 44, 79, 100). Irgendein Stück Kreide beſteht demnach zunächſt aus Kreidemolekülen, welche ganz ähnlich mit Wärmehüllen umgeben ſind und durch Cohäſion aneinander hängen, wie dies bei Atomen einfacher Stoffe der Fall iſt. Ein Zuckermolekül iſt, entſprechend der Formel $C_{12}H_{11}O_{11}$ (S. 137), eine Gruppe von 34 Atomen, welche ein kleinſtes Zuckertheilchen bilden.

Im phyſikaliſchen Sinne verſteht man unter Molekülen überhaupt kleine Maſſentheilchen, ohne Rückſicht darauf, ob dieſelben Atome einfacher Stoffe oder Atomgruppen verſchiedener Elemente ſind. Indem alsdann jene Moleküle auch als die Träger der den Atomen eigenen Kräfte auftreten, ſpricht man von den Wirkungen der Molekularkräfte. Man verſteht hierunter jene Kräfte, die allen kleinſten Theilchen eines Körpers einwohnend, nur im allernächſten Bereich ſich wirkſam erweiſen, wie Adhäſion, Cohäſion, Affinität, Polarität, welche aber in ihrer Maſſenwirkung ſummirt, die bedeutendſten Erſcheinungen in der Körperwelt hervorrufen und bedingen.

Indem die Atome der einfachen Körper, ſowie die Moleküle der zuſammengeſetzten der Cohäſionskraft ungeſtört folgen, ballen ſich dieſelben nicht regellos in einen Klumpen von zufälliger Geſtalt, ſondern ſie ordnen ſich nach beſtimmten Geſetzen zu regelmäßigen Geſtalten, in welchen jene wunderbare Symmetrie herrſcht, die uns in Erſtaunen ſetzt, wenn wir einen Schneeflocken auf einer dunkeln Unterlage auffangen und ſehen, wie er als Stern ſich aus-

breitet, der aus einzelnen kleinen Eisnadeln zierlich zusammengefügt ist. Die regelmäßigen Gestaltungen der unorganischen Materie werden Krystalle genannt, und wenn wir auch tausende verschiedener Formen kennen, in welchen dieselben erscheinen, so gilt doch unwandelbar als Gesetz, daß einerlei Atome stets in derselben Krystallform sich einigen. Das Kochsalz z. B. wird man überall in Form von kleinen Würfeln krystallisirt finden, die treppenförmig aneinander gereiht sind. Man wird hier vielleicht einwenden, daß die scharfen Kanten und Ecken der Krystalle doch nicht wohl von solchen runden Körperchen, wie die Atome sein sollen, gebildet werden könnten. Allein bei der außerordentlich geringen Größe der Atome würden sich die kleinen Einkerbungen an den Kanten der aus denselben gebildeten Krystalle gar nicht wahrnehmen lassen.

Die erstaunliche Mannichfaltigkeit in den Formen der Krystalle hat dieselbe zum Gegenstande einer besondern, unter dem Namen der Krystallographie abgezweigten Wissenschaft gemacht. Es bietet diese dem Chemiker um so mehr Interesse, als ihre Resultate einen sehr bestimmten Zusammenhang zwischen der Krystallform eines Körpers und seiner chemischen Zusammensetzung nachweisen. So vielerlei Krystallformen es gibt, so lassen sich doch alle auf einige wenige Grundformen zurückführen, und somit alle Krystalle in fünf bis sechs Klassen oder Systeme eintheilen.

Aus den Gesetzen der Krystallographie heben wir Einiges hervor:

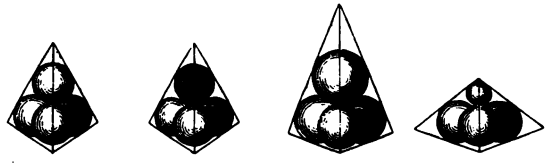
1) Ein einfacher Stoff oder eine chemische Verbindung kann zwar in mehreren verschiedenen Formen krystallisiren, allein alle diese lassen sich auf eine und dieselbe Grundform zurückführen. Nur ganz wenige Körper machen hiervon eine Ausnahme, indem sie in Formen auftreten, die zwei verschiedenen Systemen angehören. Solche zweigestaltige (dimorphe) Körper sind z. B. der Schwefel und der kohlensaure Kalk (Kalkspath).

2) Verschiedene einfache Stoffe, sowie chemische Verbindungen, die aus verschiedenen einfachen Stoffen zusammengesetzt sind, können beim Krystallisiren die gleiche Form annehmen und werden alsdann gleichgestaltige (isomorphe) Körper genannt.

3) Die Atome isomorpher Körper haben gleiche Größe. Wenn daher aus irgendeiner chemischen Verbindung ein oder mehrere Atome eines Stoffes ausgeschieden und durch die gleiche Anzahl eines isomorphen Stoffes ersetzt werden, so bringt dieser Austausch keine Veränderung in der Krystallform jener Verbindung hervor.

Suchen wir uns dieses zu versinnlichen, indem wir z. B. vier Erbsen zu einer regelmäßigen Pyramide (Fig. 19) gruppiren. Diese Form bleibt unverändert, wenn wir eine der Erbsen hinwegnehmen und dieselbe durch eine Thonkugel von gleicher Größe ersetzen (Fig. 20). Dagegen nimmt die Gruppe eine wesentlich verschiedene Form an, sobald als Austausch eine größere oder kleinere Kugel von Wachs oder von Brotkrume dient (Fig. 21 und 22).

Fig. 19. Fig. 20. Fig. 21. Fig. 22.



Eins der bekanntesten Beispiele des theilweisen Austausches der Bestandtheile chemischer Verbindungen bei unveränderter Krystallform bietet der Alaun dar. Derselbe besteht aus Schwefelsäure, Kali und Thonerde. Es kann nun das Kali durch Ammoniak, die Thonerde durch Chromoxyd ersetzt werden und immer erscheinen die Atome dieser Stoffe in derselben Weise gruppirt.

Die nähere Betrachtung isomorpher Verbindungen zeigt, daß ihrer gleichen Krystallform stets eine gleiche atomistische Zusammensetzung entspricht. Als Beispiel führen wir die Formeln der verschiedenen Alaune an:

1) Kali-Alaun oder

schwefelsaures Thonerde-Kali $= Al_2O_3, 3SO_3 + KO, SO_3 + 24HO$

2) Ammoniak-Alaun oder schwefelsaures Thonerde-Ammoniak $= Al_2O_3, 3SO_3 + AmO, SO_3 + 24HO$

3) Chrom-Alaun oder

schwefelsaur. Chromoxyd-Kali $= Cr_2O_3, 3SO_3 + KO, SO_3 + 24HO.$

Auch beim Anblick dieser Formeln kann man sich vorstellen, wie gleichsam das ganze atomistisch construirte Gebäude des Krystalls unverändert stehen bleibt, indem man z. B. beim Chromalaun das Chromoxyd, Cr_2O_3, hinwegnimmt und statt dessen ein Molekül der ganz gleich construirten Thonerde, Al_2O_3, an seine Stelle setzt.

Befände sich die Gesammtmaterie unsers Planeten ausschließlich unter dem Einflusse jener krystallbildenden Anziehungskraft, so würden wir im ganzen Bereich unserer Umgebung nur mathematisch bestimmbaren Gestaltungen begegnen, überall würden uns Säulen, Kanten und Ecken entgegenstarren. Daß dem nicht so ist, beruht auf verschiedenen Ursachen. Wenn auch die ganze unorganische Körperwelt, also die Hauptmasse des Erdballs dem Zug nach geregelter Gestaltung unterworfen ist, so fehlen doch häufig die geeigneten Bedingungen, daß demselben Folge gegeben und die Krystallform zur Ausbildung gelangen kann. Hierzu ist vor allem erforderlich, daß die Atome die geeignete Beweglichkeit und die angemessene Zeit haben, sich nach ihren Krystallisationstendenzen aneinander zu reihen und zu ordnen. Daher begegnen wir der Krystallisation da, wo ein flüssiger Körper allmählich in den festen Zustand übergeht, sei es nun, daß er durch Wärme oder durch ein auflösendes Mittel in den flüssigen Zustand gekommen war. Wenn jedoch der Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand plötzlich geschieht, z. B. durch rasche Abkühlung eines geschmolzenen Körpers, dann haben die Atome nicht Zeit, sich zu ordnen; sie ballen sich regellos zusammen, sie bilden eine Masse von unbestimmter Gestalt, welche amorph, d. i. gestaltlos, genannt wird. Häufig erscheint auch ein Körper amorph, von dem es sich bei näherer Untersuchung ergibt, daß er dennoch durch Krystallisation entstanden ist. In diesem Falle hatten sich nur sehr kleine Krystalle gebildet, die man weniger leicht, mitunter nur unter dem Mikroskop erkennt. Man nennt solche Körper krystallinisch zum Unterschied von den krystallisirten, bei welchen die Krystallform vollkommen und deutlicher zur Ausbildung gekommen ist.

Als bekannte Beispiele zu Obigem führen wir an den Candis-

zucker, kryſtalliſirt durch ſehr allmähliche Abkühlung einer Zuckerlöſung; den Melis- oder weißen Hutzucker, kryſtalliniſch durch ſchnellere Abkühlung der Zuckerlöſung; endlich den glaſigen oder ſogenannten Gerſtenzucker, amorph durch Schmelzen und raſches Abkühlen des Zuckers. Andere Beiſpiele ſind: Kalkſpath, kryſtalliſirt; Marmor, kryſtalliniſch; Kreide, amorph — während die chemiſche Zuſammenſetzung dieſer Körper dieſelbe iſt, nämlich kohlenſaurer Kalk (CaO, CO_2).

Sehr häufig begegnen wir aber in der Natur der amorphen Materie, die nichts Anderes als das Zerſtörungsproduct vorhandener Kryſtallgebilde iſt, ſei es nun, daß Feuer dieſelben geſchmolzen, Waſſer dieſelben gelöſt, oder mechaniſche Einwirkung dieſelbe zerbröckelt und zerrieben hat. Solcher Art ſind die geſchmolzenen Felsmaſſen, die Baſalte, die Laven, die erhärteten Schlammgebilde, die Schiefer und Mergel, der Sand und die Ackererde.

Endlich beſitzen die Pflanzen und die Thiere eine organiſch bildende Kraft, vermöge welcher ſie die Atome nach ganz andern Geſetzen ordnen, als dies im Bereich der unorganiſchen Materie der Fall iſt. Während die letztern in Kryſtallen regelmäßiger Geſtalt, von ebenen Flächen, geradlinigen Kanten und Ecken begrenzt ſind, herrſchen in den organiſchen Gebilden durchgehend die runden Formen vor.

Als merkwürdige Thatſache müſſen wir anführen, daß nicht ſelten feſte amorphe Körper in kryſtalliniſche ſich umwandeln. Der glaſige Gerſtenzucker, der, friſch bereitet, durchſichtig, hart, ſchwer zerbrechlich und von muſcheligem Bruch iſt, wird allmählich undurchſichtig und leicht brüchig. Die nähere Betrachtung zeigt, daß ſeine ganze Maſſe in kleine Kryſtalle ſich zerklüftet hat, nach deren Flächen ſie ſich brechen läßt. Das zu Stangen ausgereckte Schmiedeeiſen hat ein entſchieden faſeriges Gefüge, welches ſehr geſchätzt wird, da es demſelben eine große Zähigkeit und Geſchmeidigkeit verleiht. Man ſchmiedet daraus vorzugsweiſe ſolche Gegenſtände, die einem ſtarken Zuge oder Druck den angemeſſenen Widerſtand zu leiſten haben, wie z. B. die Glieder der Kettenbrücken oder die Achſen der Locomotiven. Nach längerer Zeit verliert jedoch dieſes Eiſen ſeine fa-

ſerige Beſchaffenheit, es nimmt ein körniges, kryſtalliniſches Gefüge an und erleidet dadurch eine bedeutende Abnahme ſeiner frühern Feſtigkeit, ſodaß alſo umgeänderte Achſen unter Belaſtungen brechen, welchen ſie früher leicht widerſtanden hatten. Anhaltende Erwärmung oder Erſchütterung begünſtigen vorzugsweiſe den Uebergang aus dem amorphen in den kryſtalliniſchen Zuſtand, der auch an Gewehrläufen mitunter eintritt und das Zerſpringen derſelben veranlaßt.

Wir heben dieſe Umlagerung der kleinſten Theilchen in der Maſſe eines feſten Körpers ganz beſonders hervor als einen Grund für die S. 156 dargelegte Anſicht, wonach die Atome, ſelbſt der dichteſten Körper, nicht abſolut zuſammenhängen, vielmehr von Wärmehüllen umgeben, eine gewiſſe Beweglichkeit beſitzen und ſomit das innere Gefüge je nach Umſtänden weſentlich umzuändern vermögen.

Die Kryſtalliſation gewährt dem Chemiker auch praktiſche Vortheile, denn ſie iſt ein weſentliches Mittel, gewiſſe Stoffe, die mit andern zugleich in Flüſſigkeiten gelöſt ſind, in reinem Zuſtande auszuſcheiden. Nur dann, wenn zwei Salze iſomorph ſind und möglichſt gleiche Löslichkeit beſitzen, kann man ſie durch Kryſtalliſation nicht voneinander trennen, wenn ſie gleichzeitig in derſelben Löſung ſich befinden. Man erhält alsdann Kryſtalle, ſtets gemengt aus beiden Salzen. Im andern Falle ermöglichen jedoch die Anziehung gleichartiger Moleküle, ihr Beſtreben zur Ausbildung der ihnen eigenthümlichen Geſtalt, ſowie die ungleiche Löslichkeit, eine Trennung durch ſucceſſive Kryſtalliſation. Der Zug zur Kryſtalliſation, gewiſſermaßen das Bedürfniß ſelbſt der unorganiſirten Materie, ſich in beſtimmter Form nach außen abzuſchließen, ſich zu individualiſiren, wird vom Chemiker hoch angeſchlagen. Er hält nur dann eine Verbindung für chemiſch wohl charakteriſirt, wenn ſie in beſtimmter Kryſtallform auftritt. Körper, bei welchen dieſes nicht der Fall iſt, wie Stärke, Gummi, Eiweiß und Farbeſtoffe, ſtehen immer noch an der Grenze des Organiſirten, die chemiſche Anziehung iſt nicht vollſtändig zur Herrſchaft gelangt und es zeigen daher ſolche Stoffe auch ſtets einen unentſchiedenen chemiſchen Charakter und Schwankungen in ihrer elementaren Zuſammenſetzung.

18. Theorie der Chemie; Atomgewichte; chemisches Aequivalent und Atomgewicht; Atomvolumen; Aequivalentvolumen; specifisches Volumen; Isomerie; Einwürfe gegen die Atomtheorie und Entgegnung.

Das Gewicht der Atome ist sehr ungleich und von allen hat das Atom des Wasserstoffs das geringste Gewicht. Ein Kohlenstoffatom wiegt sechsmal, ein Sauerstoffatom achtmal und ein Schwefelatom sechzehnmal soviel als ein Atom Wasserstoff. Ja bei manchen Elementen ist das Gewicht des einzelnen Atoms noch bei weitem größer, denn beim Chlor wiegt es fünfunddreißig-, beim Brom achtzig- und beim Quecksilber wiegt es hundertmal mehr als beim Wasserstoff.

Wenn sich ein Atom Wasserstoff mit einem Atom Sauerstoff zu Wasser verbindet, so wird daher in der dadurch entstandenen Wassermenge dem Gewichte nach achtmal soviel Sauerstoff enthalten sein als Wasserstoff.

Der Leser wird sich hier sogleich erinnern, daß diese Gewichte, welche wir den einzelnen Atomen der Elemente beilegen, übereinstimmen mit den Zahlen, die wir S. 39 als die chemischen Aequivalentenzahlen angeführt haben. Es wurde dort gezeigt, wie eine große Reihe der sorgfältigsten und genauesten Beobachtungen und Versuche die Thatsache festgestellt haben, daß die Elemente sich nur n bestimmten, durch jene Zahlen ausgedrückten Verhältnissen untereinander verbinden. Ein Grund, worauf dieses beruhe, läßt sich edoch durch kein Experiment nachweisen. Dagegen ist die Lehre der Theorie von den Atomen ein Versuch, jene wirklich und genau eobachteten Thatsachen befriedigend zu erklären. Daß die einfachen Stoffe sich nur in bestimmten Gewichtsverhältnissen miteinander erbinden, erscheint uns vollkommen verständlich, sobald wir von er Annahme ausgehen, daß jeder Körper aus untheilbaren Atomen estehe, daß jedes der Atome eines einfachen Stoffes ein unabänerliches, ihm eigenthümliches Gewicht habe. Da nach dieser Vorussetzung das Gewicht eines jeden Schwefelatoms gleich sechzehn, nd das jedes Queckſilberatoms gleich hundert — da ferner ein Molekül (S. 159) Zinnober aus der Paarung von je einem Atom

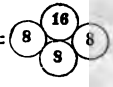
Schwefel mit einem Atom Queckſilber entſteht, ſo muß man in jeder beliebigen Menge von Zinnober jene beiden Stoffe ſtets in den Gewichtsverhältniſſen von ſechzehn zu hundert antreffen. Durch einen weitern Zuſatz von Schwefel können wir deſſen Menge im Zinnober nicht vermehren, denn dieſe hinzugefügten Atome finden keine Queckſilberatome vor, mit welchen ſie ſich paaren könnten.

Insbeſondere iſt es das Geſetz der **Multiplen** (S. 41), das durch die Atomenlehre eine Erklärung erhält. Daß ein und dieſelbe Schwefelmenge, nämlich ſechzehn Gewichtstheile, ſich nur mit acht, dann mit ſechzehn, dann mit vierundzwanzig Gewichtstheilen Sauerſtoff verbindet, daß hier jedesmal ein Sprung von acht zu acht ſtattfindet und nicht etwa auch der Fall vorkommt, daß ſechzehn Gewichtstheile Schwefel ſich mit dreizehn oder mit neunzehn Gewichtstheilen Sauerſtoff verbinden — dieſe wichtige Thatſache wird uns ganz anſchaulich, ſobald wir von der Exiſtenz der untheilbaren Atome ausgehend annehmen, daß in dieſem Falle je ein Atom Schwefel ſich mit einem, dann mit zwei und endlich mit drei Atomen Sauerſtoff verbindet. Wir können uns jetzt das nachfolgende atomiſtiſche Bild der drei Oxydationsſtufen des Schwefels machen, in welchem wir die Schwefelatome und die Sauerſtoffatome mit ihren Atomgewichten bezeichnen:

1. Unterſchweflige Säure = SO =

2. Schweflige Säure = SO_2 =

3. Schwefelſäure = SO_3 =



Man erkennt hieraus, daß eine chemiſche Formel zugleich anzeigt, aus welchen und aus wie vielen Atomen eine chemiſche Verbindung zuſammengeſetzt iſt.

Somit wären Aequivalentenzahlen und Atomgewichte gleichbedeutende Ausdrücke. Beim Gebrauch derſelben iſt jedoch wohl zu unterſcheiden, daß, wenn ich von chemiſchen Aequivalenten ſpreche,

ich stets nur die durch Erfahrung gefundenen Verhältnißzahlen im Auge habe, ohne Rücksicht ihres Grundes, während mit dem Ausdruck Atomgewicht stets die theoretische Vorstellung von der atomistischen Constitution der Materie verknüpft ist.

Für die Aufstellung der chemischen Formeln ist es von größtem Einfluß, welche von diesen beiden Auffassungen man zu Grunde legt. Es gibt z. B. drei Oxydationsstufen des Eisens, welche nach den vorgenommenen Analysen die folgende procentische Zusammensetzung haben:

	1. Eisenoxydul.	2. Magneteisen.	3. Eisenoxyd.
Eisen	77,3	71,7	69,4
Sauerstoff	22,7	28,3	30,6
	100,0	100,0	100,0

Berechnet man hier aus Zahlen, wie viel Sauerstoff in jeder Verbindung mit einem Aequivalent Eisen = 28 verbunden ist, so ergeben sich nachfolgende Verhältnisse:

	1. Eisenoxydul.	2. Magneteisen.	3. Eisenoxyd.
Eisen	28	28	28
Sauerstoff	8	10,7	12

Bei dem Eisenoxydul kommen auf 28 Gewichtstheile Eisen 8 Gewichtstheile Sauerstoff; beide Zahlen entsprechen je einem Aequivalent dieses Elementes.

Das Magneteisen wäre nach jenen Zahlen eine Verbindung von 1 Aequivalent Eisen = 28 mit 1⅓ Aequivalent Sauerstoff = 10,7; endlich das Eisenoxyd enthielte 1 Aequivalent Eisen = 28 und 1½ Aequivalente Sauerstoff = 12.

In Formeln ausgedrückt, würde jene Oxydationsreihe also erscheinen:

FeO = Eisenoxydul,
$FeO^{4}/_{3}$ = Magneteisen,
$FeO^{3}/_{2}$ = Eisenoxyd.

Da die chemischen Aequivalente nichts Anderes sind als Gewichtsverhältnisse, in welchen die Elemente sich verbinden, so entsprechen vorstehende Formeln vollkommen dem Gesetz dieser Verhältnisse.

Sollen jedoch, gemäß der Atomtheorie, die chemischen Zeichen Fe

und O Atome von Eisen und Sauerstoff mit ihren eigenthümlichen
Gewichten vorstellen, so sind dieser Vorstellung gemäß die obige
Formeln unzulässig. Denn ich kann wol von halben Aequivalen
ten sprechen, aber nicht von halben Atomen, da diese ja ausdrück
lich als untheilbare Größen bezeichnet worden sind.

Dieser Widerspruch mit der Atomtheorie wird jedoch gehobe
wenn man die obige Formel des Magneteisens verdreifacht und d
des Eisenoxyds verdoppelt, wodurch folgende Reihe entsteht:

1. Eisenoxydul $= FeO \qquad = FeO$
2. Magneteisen $= FeO^4/_3 \times 3 = Fe_3O_4$
3. Eisenoxyd $= FeO^3/_2 \times 2 = Fe_2O_3$

Es erscheinen jetzt: das Magneteisen als die Verbindung v
drei Atomen Eisen mit vier Atomen Sauerstoff; das Eisenoxyd v
zwei Atomen Eisen mit drei Atomen Sauerstoff, — alles in Ue
einstimmung mit dem Resultat der chemischen Analyse, mit dem
setz der Aequivalente und Multiplen und mit der Atomtheorie.

In dieser Weise sind die Formeln sehr vieler chemischer
bindungen der Theorie gemäß modificirt worden; so oft m
der chemischen Zusammensetzung auf Bruchtheile von Aequi
stößt, werden dieselben durch Multiplication der Formeln
Eine Folge hiervon ist, daß namentlich in der organische
die Formel mitunter eine sehr complicirte wird, wonach
Moleküle solcher organischer Körper als aus einer sehr
zahl einzelner Atome constituirt erscheinen.

Nachdem wir das Gewicht der Atome erörtert h
sich die Frage auf, wie groß sind die Atome der Elem
Volumen nehmen dieselben ein?

So wenig wir ein einzelnes Atom herausnehm
Wage wiegen können, ebenso wenig läßt sich ein
lich bestimmen. Auch hier sind wir im Experimentiren, zugle
stimmung der Atomgewichte auf Operationen mit Massen vo
angewiesen, auch hier dürfen wir nicht erwarten, absolute G
aufzufinden, sondern ebenfalls nur relative Werthe. Wir könne
also nicht die Frage nach der Größe der einzelnen Atome beant
worten, wol aber Betrachtungen anstellen über den Raum, welchen

lichen ...mengen der verschiedenen Elemente oder ihrer Ver-
bige...nehmen, welche deren Atomgewichten entsprechen.
alen...ge wäre also die: Wenn ich z. B. einen Gramm Was-
rück...ege und dessen Volumen und Atomgewicht als Einheit
...n Raum nehmen 35,5 Gramme Chlor, 8 Gramme Sauer-
be...amme Schwefel, 100 Gramme Quecksilber u. s. w. ein?
...d... Verhältniß ergibt sich, indem man das Atomgewicht der
...irt durch ihr specifisches Gewicht. Man nennt die so er-
...lativen Zahlen die Aequivalentvolumen, auch Atom-
... am liebsten die specifischen Volumen der Körper.
...ie Gase, sowie für diejenigen festen und flüssigen Körper,
... Dampf verwandeln lassen, haben wir bereits S. 152 in
...iehung die Antwort ertheilt. Aus physikalischen Gründen
...ehin angenommen, daß gleiche Räume gasförmiger Körper
...he Anzahl von Atomen derselben einschließen. Sie können
...n besten miteinander verglichen werden, und es hat sich
...ls Gesetz ergeben: daß die specifischen Volumen gasförmiger
...entweder einander gleich sind, oder daß sie untereinander
...chen Verhältnissen stehen.
...ei der so sehr verschiedenen atomistischen Constitution der gas-
...en flüssigen und festen Körper ist es einleuchtend, daß die
...chen Volumen aller untereinander nicht vergleichbar sind.
... der ungleichen Ausdehnung, welche die festen Körper durch
...ärme zeigen, sind wir in voller Ungewißheit darüber, unter
...n Umständen in gleichen Räumen derselben gleichviel Atome
...en anzunehmen sind. In der That ergeben für diese Klasse
...örpern die mittels Division ihrer Atomgewichte durch ihre
...chen Gewichte erhaltenen Zahlen nicht jene einfachen Ver-
...se wie bei den Gasen.
...och zeigt sich bei manchen Körpern auch hierin eine bemer-
...rthe Uebereinstimmung und als Beispiel wollen wir nur an-
..., daß mehrere Gruppen von Elementen, die überdies mehr-
...weitere Uebereinstimmung besitzen, die namentlich isomorphe
...0) Verbindungen bilden, auch ein gleiches specifisches Volu-
...aben.

Substanz.	Atomgewicht. A	Specif. Gewicht. S	Specif. Volumen. $\frac{A}{S} = V$
Schwefel . .	16,0	1,96	8,16
Selen . . .	39,5	4,80	8,18
Eisen	28,0	7,70	3,63
Mangan . .	27,6	8,0	3,45
Nickel. . . .	29,0	8,8	3,30
Kobalt . . .	30,0	8,5	3,53
Chrom . . .	26,2	6,8	3,85
Kupfer . . .	31,7	8,96	3,53
Silber . . .	108,0	10,57	10,21
Gold	196,0	49,34	10,14

Nichts ist wol einleuchtender als die Annahme, wonach Körper, die aus demselben Stoff bestehen, auch gleiche physikalische Eigenschaften, nämlich gleiche Dichte, Farbe, Härte, Geruch, Geschmack u. s. w. besitzen. Das wird auch durch die Erfahrung hinreichend bestätigt. Ein Stück Schwefel gleicht in dieser Beziehung dem andern, Gold ist überall Gold und Eisen ist Eisen. Auch in Beziehung auf chemische Verbindungen können wir uns nicht wohl eine andere Vorstellung machen, als daß ein Körper, der aus denselben Elementen zusammengesetzt ist, auch stets dieselben Merkmale und Eigenschaften besitze. Wie sollte es überhaupt denkbar sein, daß ein Körper wie das Wasser, aus Wasserstoff und Sauerstoff = HO bestehend, einmal solche und dann andere Eigenschaften zeigte! Ohne eine solche Beständigkeit der wesentlichen Eigenschaften der Elemente und ihrer Verbindungen, wäre ja überhaupt ihre Individualisirung unmöglich, eine Wissenschaft der Chemie könnte nicht bestehen.

Nichtsdestoweniger sind uns im Vorhergehenden mehrfach Beispiele vorgekommen, wie die äußern Eigenschaften eines und dessel-

den Elements sehr auffallende Unterschiede darbieten können, während der chemische Charakter desselben sich doch gleichbleibt. Welch ein Unterschied zwischen rothem Phosphor und gewöhnlichem Phosphor, Kohle und Diamant, amorphem Zucker und Candis, gerecktem und körnigem Schmiedeeisen u. a. m., während in chemischer Beziehung diese Körper sich doch so gleich verhalten, daß man die Kohlensäure, welche durch Verbrennung des Diamants entstanden ist, durchaus nicht unterscheiden kann von der, welche durch die Verbrennung der gewöhnlichen Kohle geliefert wird.

Wir haben Fälle der Art schon früher S. 52 bei Erörterung des Allotropismus besprochen und erklären sie daraus, daß jene physikalischen Verschiedenheiten nur auf der Ungleichheit in der Anordnung der Atome beruht.

Unter der außerordentlichen Anzahl chemischer Verbindungen, mit welchen die organische Chemie uns bereichert hat, finden sich nun nicht wenige, die aus denselben Elementen und in denselben Gewichtsverhältnissen zusammengesetzt sind und gleichwol die auffallendsten Unterschiede und zwar nicht nur in ihren physikalischen Eigenschaften, sondern auch in ihrem chemischen Charakter zeigen.

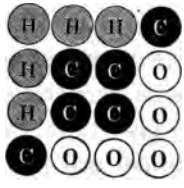
So z. B. belehrte uns die chemische Analyse, daß das Terpentinöl aus 88,24 Procent Kohlenstoff und aus 11,76 Procent Wasserstoff oder, was diesen Verhältnissen entspricht, aus fünf Atomen Kohlenstoff, verbunden mit vier Atomen Wasserstoff besteht. Das Citronenöl und das Wachholderbeeröl haben aber genau dieselbe Zusammensetzung und wie verschieden sind Geruch und Geschmack dieser drei Oele! Würden wir uns den lieblichen Geschmack, welchen das Citronenöl dem Punsche und der Limonade verleiht, wol durch einen Terpentingeschmack ersetzen lassen? Gewiß ebenso wenig als der Holländer sich einen Genèvre würde gefallen lassen, der Terpentinöl anstatt des Wachholderbeeröls enthielte.

Chemische Verbindungen, die genau dieselben Bestandtheile in gleichen Gewichtsverhältnissen enthalten, dabei aber verschiedene Eigenschaften haben, nennt man isomere Verbindungen. Die Isomerie ist eine der wesentlichsten Stützen für die Ansicht, daß die

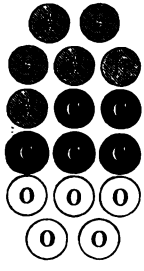
Materie aus Atomen besteht, die sich bei ihrer chemischen Vereinigung nebeneinander ordnen, ohne sich gegenseitig zu durchdringen.

Es zeigt uns die Analyse ferner, daß wasserfreier Zucker, Stärke und reine Holzfaser oder Cellulose genau dieselbe chemische Zusammensetzung haben, daß sie aus denselben einfachen Stoffen in denselben Gewichtsverhältnissen bestehen, nämlich aus 44,5 Procent Kohlenstoff, 6,0 Procent Wasserstoff und 49,5 Procent Sauerstoff. Und dennoch sind ihre Eigenschaften so sehr verschieden. Wie läßt sich dieses erklären. Einzig und allein durch die Atomenlehre. Jeder dieser Körper besteht aus sechs Atomen Kohlenstoff, fünf Atomen Wasserstoff und fünf Atomen Sauerstoff, sodaß seine Zusammensetzung durch die Formel $C_6H_5O_5$ ausgedrückt werden kann. Allein diese Atome lassen sich auf sehr verschiedene Weise gruppirt denken, wie z. B.

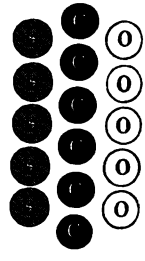
im Zucker: Fig. 23.



in der Stärke: Fig. 24.



in der Cellulose: Fig. 25.



und hierdurch erscheint es wol erklärlich, warum diese Körper so verschiedene Eigenschaften darbieten. Wird dagegen angenommen, daß die Stoffe, welche zu chemischen Verbindungen zusammentreten, sich dabei vollkommen gegenseitig durchdringen, so kann man nicht begreifen, wie alsdann Körper von absolut gleicher Zusammensetzung doch gänzlich verschiedene Eigenschaften darzubieten vermögen.

So haben wir denn in dem Vorhergehenden eine ganze Reihe von wohlbeobachteten und bestätigten Thatsachen aufgeführt, welche uns zur Anstellung von Betrachtungen über das Wesen der Materie

fforderten. Die Regelmäßigkeit in der Ausdehnung und Zusam-
nziehung der Körper bei wechselnder Temperatur, ihre Neigung
regelmäßigen Formen sich zu gestalten, die sich in den kleinsten
rtikeln derselben vollzieht, die festgestellten Verhältnisse, in wel-
n die einfachen Stoffe sowol dem Gewichte als auch dem Raume
h chemisch sich verbinden, endlich die auffallenden Thatsachen
Isomerie — Alles dies drängt uns zur Aufsuchung eines
undes, aus welchem sich die Gesammtheit dieser Erscheinungen
riedigend erklären läßt.

Die Chemiker glauben in Uebereinstimmung mit den Physikern
:ch die Aufstellung der Theorie von den Atomen jenen Anfor-
ungen entsprochen zu haben. Denn nicht allein, daß durch die-
be zur Zeit ihrer Entstehung bereits bekannte Thatsachen sich
ügend erklären ließen, zeigten sich vielmehr auch nachträgliche
tdeckungen mit derselben in Uebereinstimmung, ja dienten zur
stärkung derselben. Namentlich sind mehrfach wissenschaftliche Un-
suchungen, von der Voraussetzung der Atomenlehre ausgehend,
rch entsprechenden Erfolg belohnt worden, sodaß diese Theo-
für die Wissenschaft sich fruchtbringend und förderlich erwie-
t hat.

In der That ist die neuere Atomenlehre nichts weniger als
t Product der reinen Speculation, als ein kühnes Phantasiestück.
e ist vielmehr die Uebertragung einzelner äußerer Offenbarungen
: Materie auf das innere Wesen derselben, sie ist ein Schluß,
:nso logisch, ebenso berechtigt, wie dergleichen auf andern Gebie-
t täglich vorkommen. Gesetzt, wir erhielten aus einem Lande,
ssen Inneres uns durchaus unbekannt und unzugänglich ist, von
it zu Zeit durch Zufall gewisse Kunstproducte desselben, so wer-
n wir uns hiernach eine Vorstellung über entsprechende Zustände
sselben bilden. Wir dürften dorther z. B. nur eine geprägte Münze
halten, um sogleich eine ganze Reihe von Verhältnissen zu über-
cken, die dort nothwendig bestehen müssen, um die Existenz des
:ldes möglich zu machen. Nicht nur muß in jenem Lande das
etall sich vorfinden, sondern auch die Kunst, es zu gewinnen und
bearbeiten; es muß ferner jene Art des Verkehrs, die wir Han-

del nennen, bereits über den primitiven Tauschhandel sich erhoben haben.

So wie wir hier kein Bedenken tragen, aus einem Product der Thätigkeit eines unbekannten Volkes gewisse Schlüsse auf dessen innere Qualität und Organisation zu machen, ganz ähnlich schließen wir aus den äußern Manifestationen der Materie auf ihre innere Constitution.

Wir halten diese Ausführung für angemessen, um manchen Einwürfen gegen die Atomenlehre, namentlich von seiten solcher Philosophen zu begegnen, die darin nicht viel mehr als eine unnütze, willkürliche oder phantastische Spielerei erblicken wollen. In der That, wenn man sich diese Atome der Chemiker vorstellen soll, umkleidet mit ihren Wärmehüllen, wie sie auf Commando bald so bald so sich reihen und ordnen, dann mit andern Atomen unter dieselbe Wärmehülle zusammenschlüpfen, um das Molekül einer chemischen Verbindung zu bilden, wie das eine so viel, das andere mehr oder weniger wiegt ꝛc. — so kann dies alles wie ein Spuk en Miniature erscheinen. Aber, fügen wir hinzu, nur demjenigen, der sich nicht die Mühe genommen, mit Aufmerksamkeit und Sorgfalt die Phänomene zu verfolgen, die uns zu den Atomen hinführen.

Der Einwurf, daß noch niemals ein Chemiker oder Physiker ein Atom gesehen, noch viel weniger gewogen oder gemessen hat, erscheint diesen als der wenigst erhebliche. Denn wie viel oder wie wenig die directe Beobachtung Werth für die Wahrheit wissenschaftlicher Thatsachen hat, beweisen einige Beispiele. Keiner meiner Leser zweifelt an der Umdrehung der Erde; keiner derselben hat diese jedoch jemals direct beobachtet. Aber alle erinnern sich aus der Schule einer Menge von Thatsachen, aus welchen die Umdrehung geschlossen und bewiesen wird. Die rechnende Astronomie deutete mit den Fingern in den Weltraum und sagte: Dort muß ein Planet stehen! Erst nachträglich fand das blöde, körperliche Auge den Neptun.

Das geistige Auge des Forschers dringt aber nicht nur in die unermeßlichen Fernen des Weltalls, sondern auch zu den unmeßbaren Atomen im Innern der Materie.

19. Theorie der Chemie; die chemiſche Nomenclatur; ihr Zuſammenhang mit der chemiſchen Conſtitution; Aufſtellung der Formeln; empiriſche und rationelle Formeln; der chemiſche Dualismus.

Wer die Sprache einer Wiſſenſchaft verſteht, hat auch die Wiſſenſchaft. Fördert uns ja ſchon im gewöhnlichen Leben die Bekanntſchaft mit den techniſchen Ausdrücken eines Gewerbes höchſt weſentlich, wenn wir mit demſelben in Verkehr zu treten haben. Wenn es in den philoſophiſchen Wiſſenſchaften ſich mehr darum handelt, für Begriffe den rechten Ausdruck zu finden, ſo herrſcht in den beſchreibenden Naturwiſſenſchaften das Bedürfniß vor, die angemeſſene Bezeichnung für Gegenſtände und Erſcheinungen zu ſuchen. Das rechte Wort zu treffen, war in beiden Gebieten ſtets ein anerkanntes Verdienſt.

Die Sprache der Wiſſenſchaft hält mit der Ausbildung derſelben gleichen Schritt, ja ſie theilt, ſie reflectirt gewiſſermaßen deren Schickſale; die Irrthümer und Abwege, auf die jene geräth, werden ſich auch in ſprachlichen Verirrungen erkennen laſſen.

Die chemiſche Nomenclatur insbeſondere hat nun die Aufgabe, eine außerordentlich große Anzahl von Stoffen zu bezeichnen, denſelben einen Namen zu geben. An letztern wird überdies die Anforderung geſtellt, daß er über die Natur des Stoffes, über ſeine Zuſammenſetzung und Stellung im chemiſchen Syſtem, wenn auch nicht vollen Aufſchluß, doch eine orientirende Andeutung gebe. Hierzu kommt noch die praktiſche Anforderung, daß die Namen möglichſt kurz und geläufig ſind, ſowie die äſthetiſche, daß ſie dem Ohre mindeſtens nicht wehe thun. Nur wenige Leſer mögen ahnen, welche Schwierigkeiten dieſe Bedingungen einſchließen und in welche Verlegenheit der Chemiker gerathen kann, der in dem Falle iſt, neuen Dingen einen Namen zu geben.

Solche Schwierigkeiten waren freilich nicht vorhanden, ſolange der Schatz chemiſch bekannter und verwendeter Stoffe noch ein geringer war. Die Namen derſelben wurden dem gewöhnlichen Leben entnommen, ſogenannte Trivialnamen, die ja für viele Stoffe

noch heute in Uebung sind und der Kürze und Bequemlichkeit wegen für immer darin bleiben werden. Die Verbindung von Wasserstoff mit Sauerstoff, HO, nennen wir Wasser, während sie allerdings mit dem systematischen Namen „Wasserstoffoxyd" zu bezeichnen wäre.

Als jedoch außer den von der Natur unmittelbar gelieferten Stoffen allmählich aus den Retorten und Tiegeln der Alchemisten neue Substanzen hervorgingen, so erhielten dieselben meistens Namen, bei deren Wahl man sich von gewissen äußerlichen Aehnlichkeiten leiten ließ. So wurde das schwefelsaure Eisenoxydul, wegen seiner Aehnlichkeit mit dem Glase, Vitrum, in frühester Zeit Vitriol genannt; eine ölartige Flüssigkeit, die durch Destillation aus dem Vitriol gewonnen wurde, erhielt den Namen Vitriolöl. Flüchtige Körper pflegte man meist mit dem Ausdrucke Geist, Essenz, Alkohol zu belehnen, und es konnte nicht fehlen, daß mitunter die innerlich verschiedensten Dinge nach unwesentlichen äußerlichen Merkmalen in gemeinsamer Benennung begriffen wurden. Zu welchen Sonderbarkeiten die Benennung nach letztern führt, erhellt daraus, wenn wir Namen anführen, wie Schwefelleber, Schwefelmilch, Kalkmilch, Weinsteinrahm, Antimonbutter, Vitriolöl und Bleizucker — Namen, die vielmehr der Küche als dem Laboratorium entliehen erscheinen. Andererseits wurden manche Namen nach den fabelhaften Vorstellungen der Magie und Kabbala gebildet. Das Gold wird Sonne (sol), das Silber Mond (luna) genannt. Das Kupfer heißt Venus, Blei — Saturn, Zinn — Jupiter, endlich Quecksilber — Mercur, ein Name, der im Französischen und Englischen bis heute sich erhalten hat.

Die Vermehrung der Thatsachen brachte jedoch allmählich eine Art von Gruppirung mit sich und wir finden in einer spätern Epoche die Bezeichnung Vitriol auf alle Salze ausgedehnt, welche Schwefelsäure enthalten, wie der Eisenvitriol, Kupfervitriol, Zinkvitriol u. a. m., Namen, die noch heute vielfach üblich sind. So finden wir ferner die Bezeichnungen: Ocher, Aschen und Erden für verschiedene Oxyde der Metalle gebräuchlich.

Allein man sieht ein, daß systematische Namen, die zugleich

Anhaltepunkte für Zusammensetzung und Stellung des Stoffes bieten, erst dann entstehen konnten, als die Methode der chemischen Untersuchung, die Analyse, die erforderliche Ausbildung erhalten hatte. Zum Unglück für die Lernenden wurden jedoch mit der Einführung einer neuen Nomenclatur die alten Namen niemals vollständig beseitigt, und der Wechsel der Namen mit den wechselnden Ansichten über die Natur der Körper ist die erste Ursache der vielen Benennungen, welche für einen und denselben Stoff vorkommend leicht Verwirrung veranlassen und namentlich den Anfänger in Verzweiflung bringen können.

Das Salz, dem wir jetzt den Namen schwefelsaures Kali und die Formel KO,SO_3 geben, führte nicht weniger als die folgenden Namen: Sal polychrestum Glaseri; Sal de duobus; Arcanum duplicatum; Tartarus vitriolatus; Sulphas Lixivae Kali seu Potassae.

Andererseits war es mehrfach die Sucht, neue Systeme mit entsprechender Bezeichnung zu bilden, welche bemüht war, die Chemie mit neuen Namen zu bereichern, ein Bestreben, an welchem in der Regel die Eitelkeit mehr Antheil hatte als die Befähigung. Haben doch die übrigen beschreibenden Wissenschaften ein Aehnliches erfahren müssen, hören wir doch von seiten der Botaniker und Zoologen die lautesten Klagen über das Ueberhandnehmen einer alles überwuchernden und verwirrenden Synonymik.

Als Beispiel der Verirrungen, welche auf jenen Gebieten vorgekommen sind, selbst nachdem Linné seine meisterhafte Nomenclatur aufgestellt hatte, führen wir einen Botaniker Bergeret an, der alles Ernstes jeder Pflanze einen Namen verleihen wollte, in welchem alle Charaktere derselben enthalten wären. Hören wir einige Beispiele. Die bekannte Melisse nennt er Soefneanizara; den Lavendel: Soefniaceara; die rothe Taubnessel: Niqstiafoajiaz; den Quendel: Qiqgyafoasiaz, und die Pfeffermünze: Oiqgyafoajoaz! — Namen, die uns belustigen würden, wenn sie nicht Mundkrämpfe und Ohrenweh verursachten.

Nichtsdestoweniger hat dieser Vorgang Nachahmung auf chemischem Gebiete gefunden. Ein Herr Griffin versuchte es, den

chemischen Verbindungen Benennungen zu ertheilen, welche Namen und Anzahl der in denselben enthaltenen Atome angeben. Sehen wir, zu welchem Erfolg dies führt. Die Kreide, die wir kohlensauren Kalk nennen, heißt dort: Calcicariproxintria; der Feldspath: Kalialisilioxi-monatriadodecaocta; der Alaun: Kalialintriasulintetraoxinocta Aquindodeca!*)

Indem wir geneigt sind, dergleichen Einfälle zu belachen, müssen wir freilich zugestehen, daß wir es hier mit keinem völlig überwundenen Zustand zu thun haben. In neuern chemischen Abhandlungen begegnen wir Namen, die an Länge und Wohllaut den obigen wenig nachstehen und vorzugsweise ist die organische Chemie darin productiv. Auf Gerathewohl schlagen wir eins der betreffenden Werke auf und begegnen sogleich folgenden Beispielen: Fuskokobaltiaksalz, Roseokobaltiaksalz, Ammoniumkobaltammoniumoxychlorid, Carbocumidid, Carbothiacetonin, Bipyrotartaramid, Benzoylsalicilimid, Dibenzoylphenilamid, Sulfophenilbenzoylacetamid, Tetramethylammonium, Hydroisocarbonyle, Oxybromkakodylsäure, Sulfotoluolchlorür, Sulfophenylbenzoylcuminoylamid u. s. w., eine Reihe, die sich noch lange in buntestem Wechsel fortsetzen ließe.

Und doch können wir gegen die Urheber dieser Namen weniger streng sein, denn sie beziehen sich meist auf chemische Verbindungen, hervorgegangen als Umsetzungsproducte organischer Körper aus den Händen der Chemiker, für welche kurze Trivialnamen nicht vorhanden und nicht wohl zu schaffen sind. In den wenigen Fällen, wo letztere existiren, werden sie häufig beibehalten und wir sagen gern Holzgeist für Methyloxydhydrat, Fuselöl für Amyloxydhydrat.

Die im Vorstehenden gegebenen Andeutungen mögen genügen, um zu zeigen, wie Nomenclatur und chemische Zusammensetzung in nächster und nothwendiger Beziehung zueinander stehen.

Wenden wir uns nun zu den jetzt üblichen Namen selbst und zwar zunächst der einfachen Stoffe. Da finden wir denn einige, für welche die in der Sprache des gewöhnlichen Lebens gebräuchlich

*) Nach Dumas, Leçons sur la philosophie chimique.

gewesenen Namen auch in der Sprache der Wissenschaft beibehalten worden sind, wie bei dem Schwefel, der Kohle, dem Gold, Silber, Eisen, Kupfer, wie überhaupt bei den Metallen. Denn an diesen längst bekannten Stoffen hat die Analyse nachträglich nichts aufgefunden, was Veranlassung zur Veränderung ihrer Namen hätte geben können.

Als jedoch der Phosphor entdeckt wurde, so mußte für den neuen Stoff ein neuer Name gesucht werden, und es war praktisch, denselben mit Zuziehung der griechischen Sprache zu bilden, wodurch er für alle neuern Sprachen gleich zugänglich wurde, sowie auch seine Benennung an ein auffallendes äußeres Merkmal, an das Leuchten zu knüpfen, indem er Phosphorus, d. i. Lichtträger genannt wurde.

Weniger glücklich war man in der Bezeichnung der als Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, später für einfach erkannten gasförmigen Körper mit den entsprechenden lateinischen Namen: Oxygenium, Hydrogenium und Nitrogenium. In beiden Sprachen sind die Namen schleppend und beziehen sich nicht wie beim Phosphor auf äußere physikalische Eigenschaften, sondern auf chemische. Während erstere den Vorzug haben, unter allen Umständen bleibend richtig zu sein, hängt die Deutung der letztern von dem Standpunkte der chemischen Erkenntniß ab und kann sich nachträglich als irrig erweisen. In der That haben wir bereits S. 54 und 58 angedeutet, daß der Sauerstoff ebenso wol „Basenstoff" genannt werden könnte, daß für ihn, der acht Neuntel des Wassers ausmacht, die Benennung „Wasserstoff" angemessener wäre, als für den andern Bestandtheil des Wassers, den Wasserstoff, für den sein geringes specifisches Gewicht ein sehr treffendes und maßgebendes Merkmal bei der Ertheilung des Namens hätte abgeben können. Ebenso übel gewählt ist die Bezeichnung „Stickstoff", da wir noch mehrere Gase kennen, die unathembar sind, in welchen Thiere also ersticken.

Zweckmäßiger erscheinen dagegen die den nachher entdeckten Salzbildern, Chlor, Brom, Jod und Cyan verliehenen Namen gegriffen, da sie kurz und fügsam sind und auf äußere Eigenschaften

sich beziehen, wie Chlor auf grün, Jod auf veilchenblau, Cyan auf kornblumenblau und Brom auf den übeln Geruch dieses Elements.

Als die leichten Metalle entdeckt wurden, begnügte man sich, an die Stammsilben ihrer früher bekannten Oxyde die Endsilbe „um" zu hängen, welche den lateinischen Namen aller Metalle eigen ist. Dabei wurde des Wohllauts halber mehrfach ein „i" eingeschaltet und es entstanden also die Namen: Kalium, Natrium u. s. w.

Am meisten hat sich in letzter Zeit die Anzahl neu entdeckter Metalle vermehrt und ihre Namen werden meist nach ganz äußerlichen Motiven gewählt, wie z. B. nach den Mineralen, worin man sie getroffen, oder nach den Fundorten u. s. w.

Gehen wir jetzt über zur Benennung der Verbindungen der einfachen Stoffe untereinander. Es ist hiervon bereits im Vorhergehenden vieles mitgetheilt worden, denn wie könnte man von den Dingen sprechen, ohne sie zu nennen. Umgekehrt fördert es wenig, die Namen vorauszuschicken, ohne sie gleichzeitig durch die Beschreibung ihres Gehalts zu verkörpern. Die Nomenclatur der unorganischen Verbindungen ist der Hauptsache nach auf die große und umfassende Rolle basirt, welche der Sauerstoff in denselben spielt; sie leitet auch in der That ihre Entstehung von der Entdeckung jenes wichtigen Elements ab.

Alle Verbindungen, welche der Sauerstoff mit einem der übrigen Elemente bildet, werden Oxyde genannt. Ihrem chemischem Charakter nach sind die Oxyde der Metalloide vorzugsweise Säuren, die der Metalle dagegen Basen (vergl. S. 52 fg.). Das mit dem Sauerstoff verbundene Element wird als das Radical oder der Grundstoff der Verbindung bezeichnet. So z. B. ist der Schwefel das Radical der Schwefelsäure SO_3; das Eisen das Radical der verschiedenen Eisenoxyde.

Verbindet sich der Sauerstoff mit einem der Elemente in mehreren Verhältnissen, so entstehen die verschiedenen Oxydationsstufen desselben, welche durch verschiedene Namen unterschieden werden.

In diesen, mit wenig Worten ausgesteckten Rahmen lassen sich eine außerordentlich große Anzahl chemischer Verbindungen unterbringen, ja, er umfaßte zur Zeit seiner Aufstellung nicht nur

die damals bekannten, sondern wies auch den noch darzustellenden im voraus Stellung und Namen an.

In Betreff der letztern ergeben sich die Regeln am besten aus einigen Beispielen:

			Sticktoffoxydul, NO.
Kohlenoxyd, CO;			Stickstoffoxyd, NO_2.
	Unterschweflige Säure, SO;	Unterchlorige Säure, ClO;	
	Schweflige Säure, SO_2;	Chlorige Säure, ClO_3;	Salpetrige Säure, NO_3.
	Unterschwefelsäure, S_2O_5;	Unterchlorsäure, ClO_4;	Untersalpetersäure, NO_4.
Kohlensäure, CO_2;	Schwefelsäure, SO_3;	Chlorsäure, ClO_5;	Salpetersäure, NO_5.
		Ueberchlorsäure, ClO_7;	

Man war anfänglich der Ansicht, daß jedes Metalloid mit dem Sauerstoff nur zwei Säuren bilde, und bezeichnete die sauerstoffreichern derselben, indem an den Namen des Radicals das Wort „Säure" gefügt wurde, wie Schwefelsäure, SO_3, u. a. m. Als einzige Ausnahme hiervon erscheint die nach ihrem Ursprung benannte Salpetersäure, welche folgerichtig „Stickstofffäure" heißen sollte. Für die sauerstoffärmere Säure wird dem Namen des Radicals die Endung „ige" angehängt, wie schwefelige Säure, SO_2. Als nachträglich noch weitere Säurestufen entdeckt wurden, so schaltete man dieselben mit den Vorsilben „Unter" ein, wie oben gezeigt worden ist. Sauerstoffverbindungen der Metalloide, welche keine sauren Eigenschaften besitzen, werden Oxyde genannt, wie Kohlenoxyd, CO, und Stickstoffoxyd, NO_2. Für das Chlor lernte man eine Säure kennen, die noch mehr Sauerstoff enthält als die Chlorsäure und gab ihr den Namen „Ueberchlorsäure", wodurch eine Aenderung der für die übrigen Säuren des Chlors üblichen Namen vermieden wurde. Dasselbe befolgte man in mehreren ähnlichen Fällen.

Wie man an den Formeln sieht, ist in den obengegebenen

Beispielen nicht die Anzahl der mit dem Radical verbundenen Sauerstoffatome das für den Namen der Verbindung Maßgebende, sondern die chemische Eigenschaft derselben.

Aehnliche Stufenreihen finden wir bei den vorzugsweise basischen Oxyden der Metalle. Auch hier waren ursprünglich nur zwei Stufen bekannt, von welchen die sauerstoffreichere das „Oxyd", die sauerstoffärmere das „Oxydul" genannt wurde. Es traten jedoch infolge späterer Entdeckungen noch niedere, mittlere und höhere Oxydationsstufen hinzu, welche letztere die Eigenschaften von Säuren besitzen, sodaß hier nachstehende Bezeichnungen vorkommen:

	Bleisuboxyd, Pb_2O;		
Queckſilberoxydul, Hg_2O;		Chromoxydul, CrO;	Manganoxydul, MnO.
Queckſilberoxyd, HgO;	Bleioxyd, PbO;	Chromoxyd, Cr_2O_3;	Manganoxyd, Mn_2O_3.
Kaliumoxyd, KO;	Bleihyperoxyd, PbO_2;		Manganhyperoxyd, MnO_2.
		Chromſäure, CrO_3;	Manganſäure, MnO_3.
			Uebermanganſäure, Mn_2O_7.

Bemerkenswerth ist es, daß man von sämmtlichen leichten Metallen, mit Ausnahme des Bariums, nur eine einzige Oxydationsstufe kennt. Dieselbe wird in der Regel mit einem Trivialnamen bezeichnet, wie Kali für Kaliumoxyd; Kalk für Calciumoxyd u. s. w.

Aus der Vereinigung der Säuren und Basen geht die zahlreiche Klasse der Salze hervor, deren Benennung sich leicht verständlich ergibt wie folgt: Unterschwefligsaures Natron, NaO,SO; schwefligsaures Kali, KO,SO_2; schwefelsaures Eisenoxydul, FeO, SO_3; übermanganſaures Kali, KO,Mn_2O_7, u. s. w.

„Schwefelsaure Salze" im allgemeinen sind diejenigen Salze, welche Schwefelsäure enthalten; in ähnlichem Sinne spricht man von salpetersauren, kohlensauren Salzen u. a. m. Nicht selten begegnet man jedoch in chemischen Abhandlungen den aus dem

Französischen entlehnten, allerdings kürzern Bezeichnungen der Sulfate, Nitrate, Carbonate u. s. w. für schwefelsaure, salpetersaure, kohlensaure Salze.

Auch in Beziehung auf die Basis spricht man von „Kalisalzen, Eisensalzen" u. s. f., indem hierunter im allgemeinen alle Salze verstanden werden, welche Kali oder Eisenoxyde enthalten, abgesehen von der damit verbundenen Säure. Nach dem S. 42 erläuterten Charakter der Säuren und Basen sollten die aus ihrer Vereinigung hervorgehenden Verbindungen, die Salze, durchaus neutrale Körper sein. Dies ist jedoch öfter nicht der Fall; kohlensaures Kali besitzt merklich basische Eigenschaften, während schwefelsaure Thonerde noch die sauren Eigenschaften der Schwefelsäure erkennen läßt.

In theoretischer Hinsicht versteht man unter neutralen Salzen diejenigen, in welchen für je ein Atom Sauerstoff, das die Basis enthält, mit letzterer ein Aequivalent Säure verbunden ist. Die basischen Salze enthalten weniger, die sauren Salze mehr Säure, als diesem Verhältniß entspricht, wie folgende Formeln zeigen:

Basische Salze:	Neutrale Salze:	Saure Salze:
Basisch-schwefelsaure Thonerde od. drittelschwefelsaure Thonerde, Al_2O_3, SO_3.	Schwefelsaures Kali, KO, SO_3;	Saures schwefelsaures Kali oder zweifach schwefelsaures Kali, $KO, 2SO_3$.
Basisch-schwefelsaures Kupferoxyd oder drittel-schwefelsaures Kupferoxyd, $3CuO, SO_3$.	Kohlensaures Natron, NaO, CO_2;	Zweifach kohlensaures Natron od. doppeltkohlensaures Natron $NaO, 2CO_2$.
	Schwefelsaures Kupferoxyd, CuO, SO_3.	
	Schwefelsaure Thonerde, $Al_2O_3, 3SO_3$.	
	Schwefelsaures Eisenoxyd, $Fe_2O_3, 3SO_3$.	

Wenn zwei Salze, welche eine und dieselbe Säure enthalten, sich miteinander vereinigen, so entsteht ein Doppelsatz, als welches wir bereits S. 45, wo von den Verbindungen erster, zweiter und dritter Ordnung die Rede war, den Alaun angeführt haben; derselbe besteht aus neutraler schwefelsaurer Thonerde, verbunden mit schwefelsaurem Kali und heißt daher, schwefelsaures Thonerde-Kali, $Al_2O_3, 3SO_3 + KO, SO_3$.

Weniger reich und mannichfaltig ist die Nomenclatur der Verbindungen der übrigen Elemente, da keins derselben so bedeutende Reihen mit eigenthümlichem Charakter bildet als der Sauerstoff. In der Regel werden die Verbindungen der Metalloide sowol unter sich als auch mit den Metallen einfach dadurch bezeichnet, daß man die Namen derselben aneinander reiht. Ist dabei ein Bestandtheil in mehrfacher Atomzahl vorhanden, so wird dieses durch die entsprechende Zahlangabe ausgedrückt, wie folgende Beispiele zeigen: Schwefelkohlenstoff, CS; Chlorwasserstoff, ClH; Phosphorwasserstoff, PH_3, Arseniknickel, NiAs, Jodstickstoff, NJ; Chlornatrium, NaCl; Schwefeleisen, FeS; fünffach Schwefelkalium, KS_5; einfach Chloreisen, FeCl; anderthalb Chloreisen, Fe_2Cl_3; Halb-Chlorqueckſilber, Hg_2Cl; Einfach-Chlorqueckſilber, HgCl.

In Beziehung auf das Chlor werden auch nicht selten aus der französischen Nomenclatur die Bezeichnungen Chlorür und Chlorid, für die niedern und höhern Chlorstufen gebraucht, z. B. Eisenchlorür, FeCl; Eisenchlorid, Fe_2Cl_3. Chlor, Brom, Jod, Fluor und Cyan bilden mit den Metallen Verbindungen, welche die größte Aehnlichkeit haben mit den aus der Vereinigung der Säuren und Basen hervorgehenden Salzen und jene Stoffe werden daher Salzbilder oder Hologene genannt; ihre Verbindungen mit den Metallen heißen Haloide oder Haloidsalze.

Ueberblicken wir nochmals die Reihe der seither benannten und durch chemische Formeln genauer bezeichneten Verbindungen, so macht sich in der Darstellungsweise durchgehends eine paarweise Anordnung und Constitution geltend, das Princip eines Dualismus, welcher der ganzen Auffassung chemischer Verbindungsverhältnisse zu Grunde liegt. Element paart sich mit Element, hier zur Base, dort zur Säure; Säure und Base paaren sich zum Salz; Salze zu Doppelsalzen. Alles erscheint klar, wohlgeordnet und übersichtlich. Wir begegnen dieser Anschauungsweise in allen Lehrbüchern der Chemie, und wer dieselbe sich angeeignet hat, gleichsam darin aufgewachsen ist, denkt kaum, daß es eine andere geben könne, er hält sie für den richtigen Ausdruck wirklicher Verhältnisse. Und dennoch ist der größte Theil dessen, was wir bisher

als Constitution der chemischen Verbindungen aufgestellt haben, Hypothese, d. h. unbeweisbare Voraussetzung, und nur in den wenigsten Fällen sind wir berechtigt, unsere Ansicht über eine chemische Verbindung als unbezweifelbar anzusehen.

Gehen wir zurück auf die Thatsachen, welche aller chemischen Theorie zu Grunde liegen, so sind dies die Ergebnisse der chemischen Analyse. Die Wage sagt uns, daß eine gewisse chemische Verbindung 77,3 Procent Eisen und 22,7 Procent Sauerstoff enthält. Dies ist eine festgestellte Thatsache. Indem man diese Gewichtsverhältnisse vergleicht mit denjenigen, nach welchen Eisen und Sauerstoff mit andern Elementen sich vereinigen, ergibt sich, daß sie den Aequivalentzahlen 28 und 8 dieser Elemente entsprechen. Jene Verbindung, die Eisenoxydul genannt wird, betrachtet man daher als zusammengesetzt aus einem Aequivalent Eisen und einem Aequivalent Sauerstoff oder aus je einem Atom derselben und gibt ihr die Formel FeO.

Gegen diese Aufstellung ist an sich nichts einzuwenden. Würden überhaupt alle Elemente nur in einem einzigen, ihrem Aequivalentgewicht entsprechenden Verhältnisse paarweise sich vereinigen, so hätte die Hypothese keinen Spielraum und die chemische Theorie wäre ebenso einfach als wohlbegründet.

Nun haben wir aber bereits S. 168 gesehen, daß es drei Verbindungen des Eisens mit Sauerstoff gibt, nämlich das Eisenoxydul, das Magneteisen und das Eisenoxyd, daß ihre procentische Zusammensetzung durch die Formeln FeO, $FeO^4/_3$ und $FeO^3/_2$ nach der Aequivalentenlehre und durch die Formeln FeO, Fe_3O_4 und Fe_2O_3 nach der Atomtheorie vorgestellt wird. Es zeigt uns ferner die praktische Chemie, daß die niedern dieser Oxydationsstufen durch Aufnahme von Sauerstoff in die höhern übergeführt werden können, daß umgekehrt durch Entziehung von Sauerstoff aus dem höhern Oxyd das niedere dargestellt werden kann.

Hieran anknüpfend, lassen sich nun sogleich verschiedene Hypothesen aufstellen. Wir fragen: Wird die chemische Constitution jener drei Eisenoxyde wirklich durch die Formeln FeO, Fe_3O_4, Fe_2O_3

dargestellt oder hat man nicht Gründe, dieselbe als eine andere anzusehen und dies durch entsprechende Formeln darzustellen.

In der That liegt es nahe, anzunehmen, daß die höhern Oxyde nichts anderes sind, als Verbindungen des Eisenoxyduls, FeO, mit Sauerstoff, wie dies nachstehende Formeln erläutern:

FeO = Eisenoxydul.
$3\,FeO + O$ $(= Fe_3O_4)$ = Magneteisen.
$2\,FeO + O$ $(= Fe_2O_3)$ = Eisenoxyd.

„Umgekehrt", sagt ein zweiter Hypothetiker, „die niedern Oxydationsstufen sind Verbindungen des Eisenoxyds mit Eisen, wie leicht aus folgenden Formeln ersichtlich:

Fe_2O_3 = Eisenoxyd.
$4\,F_2O_3 + Fe$ $(= 3\,Fe_3O_4)$ = Magneteisen,
$Fe_2O_3 + Fe$ $(= 3\,FeO)$ = Eisenoxydul."

„Nein", wendet ein dritter ein, „das Magneteisen ist durchaus in anderer Weise constituirt — es ist eine Verbindung von Eisenoxydul mit Eisenoxyd." Und die hierfür gegebene Formel $FeO + Fe_2O_3 = Fe_3O_4$ paßt in der That vortrefflich.

Man sieht ein, die Möglichkeit verschiedener Hypothesen ist vorhanden, es fragt sich nur, welche derselben die wichtigsten Gründe für sich hat, und wenn wir bemerken, daß für die Oxydationsreihe des Eisens die Chemiker sich dahin geeinigt haben, die nachfolgende als die richtige anzunehmen, nämlich:

FeO = Eisenoxydul,
$FeO + Fe_2O_3$ = Eisenoxydul-Oxyd oder Magneteisen,
Fe_2O_3 = Eisenoxyd,

— so gibt es doch auch Reihen chemischer Verbindungen, für welche nicht die gleiche Einhelligkeit der Ansicht herrscht, indem die Gründe für die eine oder andere Hypothese sich schwankend die Wage halten. In solchen Fällen ist die Wahl der Formel allerdings schwierig; man adoptirt mit derselben sofort eine Hypothese. Will man dieses vermeiden, so bleibt nichts übrig, als zur sogenanten empirischen Formel zu greifen, nämlich zum unmittelbaren Ausdruck der durch die Analyse gegebenen Verhältnisse.

Als rationelle Formel wird dagegen diejenige bezeichnet, bei deren Aufstellung man von einer bestimmten Ansicht über die Constitution der gegebenen chemischen Verbindung geleitet wurde.

Die chemische Analyse des Kalkspaths belehrt uns, daß derselbe die folgende Zusammensetzung hat:

Calcium	40 Proc.
Kohlenstoff	12 Proc.
Sauerstoff	48 Proc.
Summe der Bestandtheile =	100.

Dividirt man diese Gewichtsmengen durch die Atomgewichte, Ca = 20, C = 6, O = 8, der betreffenden Elemente, so geben die erhaltenen Zahlen das Verhältniß der im Kalkspath enthaltenen Atome seiner Bestandtheile an. Man erhält auf diese Weise:

$$\text{für das Calcium } \frac{40}{20} = 2,$$

$$\text{für den Kohlenstoff } \frac{12}{6} = 2,$$

$$\text{für den Sauerstoff } \frac{48}{8} = 6.$$

Es sind folglich im Kalkspath auf je zwei Atome Calcium, zwei Atome Kohlenstoff und sechs Atome Sauerstoff enthalten, oder einfacher ausgedrückt, diese drei Stoffe sind zu Kalkspath vereinigt in dem Atomverhältnisse von 1 : 1 : 3. Wir können somit die procentische Zusammensetzung dieses Minerals darstellen durch die Formel $CaCO_3$. Es ist dies eine empirische Formel, sie zeigt uns weiter nichts an, als welche Stoffe und in welchen Gewichtsverhältnissen dieselben verbunden waren.

Die praktische Chemie belehrt uns jedoch, daß beim Erhitzen des Kalkspaths Kohlensäure, CO_2, entweicht und Kalk, d. i. Calciumoxyd, CaO, zurückbleibt, und indem man dieser Erfahrung entsprechend den Kalkspath als eine Verbindung von Kohlensäure mit Kalk betrachtet, erhielt derselbe die entsprechende rationelle Formel: CaO,CO_2 und wird kohlensaurer Kalk genannt.

In ähnlicher Weise geben wir nachstehend von noch einigen Salzen

die empirische Formel und die rationelle Formel:

Kohlensaurer Kalk,	$CaCO_3$	CaO,CO_2.
Schwefelsaures Natron,	$NaSO_4$	NaO,SO_3.
Salpetersaures Kali,	KNO_6	KO,NO_5.
Chlorsaures Kali,	$KClO_6$	KO,ClO_5.
Chromsaures Bleioxyd,	$PbCrO_4$	PbO,CrO_3.

u. s. w.

Aber gerade die durch vorstehende rationelle Formeln ausgedrückte Ansicht über die Zusammensetzung der Salze ist in neuerer Zeit Gegenstand lebhafter kritischer Erörterung geworden. Aus theoretischen Gründen von großem Gewichte, hegen viele Chemiker die Ansicht, daß die Salze nicht Verbindungen von Metalloxyd mit Säuren sind, sondern von Metallen mit gewissen sauerstoffhaltigen Atomgruppen. So z. B. ist schwefelsaures Natron nicht NaO,SO_3, sondern Natrium verbunden mit der Atomgruppe (SO_4). Nach derselben Ansicht ist Schwefelsäurehydrat, SO_3,HO, nicht, wie bisher angenommen, eine Verbindung von wasserfreier Schwefelsäure, SO_3, mit Wasser, HO, sondern sie besteht aus Wasserstoff, H, verbunden mit der Atomgruppe (SO_4) und hat hiernach die Formel (SO_4) H. Indem man für die Salze der übrigen Säuren einer ähnlichen Betrachtung folgt, würden in den salpetersauren, chlorsauren und chromsauren Salzen die Atomgruppen NO_6, ClO_6 und CrO_4 enthalten sein.

Anlage und Umfang dieses Buchs lassen eine Entwickelung der Gründe für diese Ansicht nicht zu. Ein wesentlicher Einwurf gegen dieselbe läßt sich jedoch kurz andeuten. Dieselbe setzt in den Salzen neben dem Metall die Existenz obiger Atomgruppen SO_4 u. s. w. voraus, also gewisse chemische Verbindungen, deren Darstellung bis jetzt niemandem gelungen ist; es sind rein hypothetische Combinationen.

So laufen die zwei Ansichten über die Constitution der Sauerstoffsäuren und ihrer Salze nebeneinander her, jede gewisse Vorzüge besitzend, ohne daß eine zur absoluten Herrschaft gelangt wäre.

Dem erfahrenen Chemiker sind beide ziemlich geläufig, es fällt ihm leicht, die eine Vorstellung in die andere umzusetzen. Dem Anfänger verursachen dagegen solche doppelte Anschauungsweisen, die in der organischen Chemie in noch viel größerm Maßstabe vorkommen, ungemeine Beschwerde, und mit Mühe windet er sich durch das Labyrinth der Mannichfaltigkeit der chemischen Formeln.

20. Theorie der Chemie; die Constitution der organischen Verbindungen; die Radicaltheorie; die homologen Reihen; die Typenlehre.

Von Lavoisier, dem ersten Begründer einer wissenschaftlichen Nomenclatur, bis zu Berzelius, der ihr die dem Höhepunkt der Wissenschaft entsprechende, heute noch übliche Ausbildung und Ausdrucksweise verlieh, finden wir als herrschenden Grundsatz derselben jene dualistische Ansicht von den chemischen Verbindungen, welche im vorhergehenden Abschnitt dargelegt wurde. Ihr gemäß sind in jedem zusammengesetzten Körper gleichsam zwei Gegner enthalten, welche überwunden von der Macht der chemischen Anziehung sich versöhnt die Hand zum Bunde gereicht haben. So verzichten Säuren und Basen auf ihren Charakter und bilden die neutralen Salze.

Wesentlich verstärkt wurde diese Ansicht durch die Entdeckung der Einwirkung, welche der elektrische Strom auf die chemischen Verbindungen äußert. Hier trat so recht augenfällig hervor, wie jede chemische Verbindung die Einheit des Gegensätzlichen ist. Der elektrische Strom, indem er die Verbindung zersetzt, scheidet stets den einen Bestandtheil derselben, z. B. die Säuren, am positiven Pole aus und den andern, die Basen, am negativen Pole. Es entwickelte sich hieraus die elektro-chemische Theorie, nach welcher alle einfachen und zusammengesetzten Stoffe in relativer Weise, entweder in positiver oder negativer elektrischer Eigenschaft begabt, in Reihen einander gegenüberstehen und infolge dieses ungleichartigen elektrischen Verhaltens sich anziehen und verbinden. Der dualistische Gegensatz wurde hierdurch am schärfsten betont. Positive

und negative Bestandtheile, mit den Zeichen Plus (+) und Minus (—), hoben dies auch sprachlich und bildlich entschieden genug hervor. Nach ihrem Verhalten zum elektrischen Strom sind die Metalloide elektro-negative Körper gegenüber den Metallen, die letztern dagegen sind elektro-positive; die Säuren verhalten sich negativ, die Basen positiv.

Diese elektro-chemische Theorie, welche wir später im geschichtlichen Theile in ihren experimentellen Grundlagen näher erläutern werden, führen wir hier nur an, um nochmals den Eindruck zu verstärken, welchen die dualistische Ansicht auf die Betrachtung der Constitution der chemischen Verbindungen ausübt.

Wie mußten sich nun die organischen Verbindungen einer solchen Anschauung gegenüber verhalten — Verbindungen von dem verschiedensten chemischen Charakter, wie z. B. die saure Essigsäure, das basische Chinin, der neutrale Weingeist ꝛc., die alle aus einerlei Bestandtheilen zusammengesetzt sind, entweder aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff oder aus denselben Elementen mit Hinzutretung des Stickstoffs?

In der That zur Zeit, als die Theorie der unorganischen Körper bereits ihre volle Ausbildung mit entsprechendem Ausdruck gefunden hatte, befanden sich die Chemiker den organischen Verbindungen gegenüber noch in vollster Ungewißheit über die Constitution derselben. Am frühesten und besten waren die organischen Säuren bekannt geworden und ausgehend von dem Grundsatz, wonach der Sauerstoff das säurebildende Princip ist, dachte man sich auch z. B. die Essigsäure aus irgendeinem zusammengesetzten Stoff bestehend, der durch das Hinzutreten des Sauerstoffs zur Säure geworden sei, ähnlich wie Schwefel durch seine Verbindung mit Sauerstoff zu Schwefelsäure wird. In dieser Idee liegt aber die erste Andeutung, der unklare Umriß, der alsbald auftretenden zusammengesetzten Radicale.

Mit welcher Theilnahme mußte unter diesen Umständen die Entdeckung des Cyans begrüßt werden, einer Verbindung, die aus Kohlenstoff und Stickstoff bestehend (S. 67 und 77), sich ganz ähnlich verhält wie ein einfacher Körper, die namentlich die größte

ehnlichkeit zeigt mit den Salzbildern, Chlor, Brom und Jod, daß man sich veranlaßt fand, den Kohlenstickstoff (C_2N) geradezu s einen zusammengesetzten Salzbilder anzusehen und ihm den Namen yan und das Zeichen Cy zu ertheilen. Während in den empiischen Formeln der Cyanverbindungen drei Elemente gegensatzlos einander gereiht erscheinen, wie z. B. beim Kohlenstickstoffkalium, C_2NK, gestaltet sich das Bild ganz der dualistischen Anschauung ntsprechend, sobald wir den Kohlenstoff und Stickstoff zusammenehen und als Cyan, Cy, auftreten lassen, wie recht aus nachfolnden Formeln erhellt:

Cyanverbindung.	Empirische Formel.	Rationelle Formel.	Entsprechende Chlorverbindung.	
yankalium	$= C_2NK$	KCy.	Chlorkalium	$=$ KCl.
yanqueckfilber	$= C_2NHg$	HgCy.	Chlorqueckfilber	$=$ HgCl.
yanwasserstoff (Blausäure)	$= C_2NH$	CyH.	Chlorwasserstoff (Salzsäure)	$=$ ClH.
yansäure	$= C_2NO$	CyO.	Unterchlorige Säure	$=$ ClO.

Hieran reihen sich folgereich die Betrachtungen über die Constution der Salze des Ammoniaks (S. 67). Unter mancherlei nständen, am gewöhnlichsten bei der Fäulniß thierischer Subnzen, entsteht ein flüchtiger Körper von durchdringendem Geruch, r Ammoniak genannt wird und die Zusammensetzung NH_3 hat. it wasserhaltigen Säuren verbindet sich derselbe zu neutralen alzen, welche die größte Aehnlichkeit mit den Salzen der Metallyde besitzen, während ihre Constitution doch auffallend verschieden scheint, wie z. B.

Schwefelsaures Ammoniak . . . . $= NH_3, SO_3 + HO.$
Schwefelsaures Kali (Kaliumoxyd) $= KO, SO_3.$

Aus sehr triftigen Gründen ist man jedoch zu der Ansicht gegt, daß Ammoniak, NH_3, sobald es mit Wasserstoff in Verbingen eintritt, durch Aufnahme eines weitern Wasserstoffatoms ten neuen Körper, NH_4, bilde, der Ammonium genannt wird d in seinem chemischen Charakter ganz ähnlich sich verhält wie

eins der leichten Metalle, Kalium oder Natrium. Infolge dieser Annahme ergibt sich denn auch die vollste Uebereinstimmung in den Formeln der Ammoniaksalze und der entsprechenden Salze des Kaliums wie folgt:

Ammonium	$=(NH_4)=Am.$;	Kalium	$=K.$
Ammoniumoxyd	$=(NH_4)O=AmO$;	Kaliumoxyd	$=KO.$
Schwefelsaures Ammoniumoxyd	$=(NH_4)O,SO_3=AmO,SO_3$;	Schwefelsaures Kali	$=KO,SO_3.$
Salpetersaures Ammoniumoxyd	$=(NH_4)O,NO_5=AmO,NO_5$;	Salpetersaures Kali	$=KO,NO_5.$
Chlorammonium	$=(NH_4)Cl=AmCl$;	Chlorkalium	$=KCl.$
Schwefelammonium	$=(NH_4)S=AmS$;	Schwefelkalium	$=KS.$

Durch die in Vorstehendem entwickelte Betrachtungsweise der Verbindungen des Cyans und des Ammoniums, wonach ersteres ein zusammengesetzter Salzbilder, letzteres ein zusammengesetztes Meta[illegible] ist, wurde gewissermaßen die öffentliche Meinung vorbereitet a[illegible] die für die organische Chemie so unendlich wichtige Thatsache, da[illegible] überhaupt zusammengesetzte Körper sich ganz verhalten können wi[illegible] Elemente, daß es mit andern Worten zusammengesetzte Radicale gibt.

Die chemischen Untersuchungen, welche sich vorzugsweise dem Alkohol und den zahlreichen aus demselben abgeleiteten Verbindungen zugewendet hatten, ergaben, daß von den Atomen, aus welchen eine organische Verbindung besteht, eine gewisse Anzahl unter sich in besonderer Weise vereinigt ist und eine Atomgruppe bildet, welche als die Grundlage, als das Radical jener Verbindung anzusehen ist. Die zum Radical vereinigte Atomgruppe zeichnet sich vornehmlich durch die Beständigkeit aus, mit welcher dieselbe in der ganzen Reihe von Verbindungen sich erhält und wiederfindet, die durch Einwirkung verschiedener chemischer Agentien aus einer gegebenen Verbindung abgeleitet worden sind und denselben einen bestimmten Charakter verleiht. Wir erkennen in allem das stetige Radical, an welches sich bald mehr bald weniger Atome dieser

oder jener Elemente anlagern, um die abgeleiteten Verbindungen zu zeigen.

So zeigt sich im Weingeist und seinen Ableitungen eine Atomgruppe aus vier Atomen Kohlenstoff und fünf Atomen Wasserstoff, C_4H_5, als das beständige Radical derselben, welches den Namen Aethyl und das Zeichen Ae erhalten hat. Hierdurch treten solche organische Verbindungen hinsichtlich ihrer Constitution in eine merkwürdige Uebereinstimmung mit den unorganischen, wie ein vergleichender Ueberblick der Verbindungen des Aethyls und des Kaliums erkennen läßt:

C_4H_5 = Ae = Aethyl.	K = Kalium.
$(C_4H_5)O$ = AeO = Aethyloxyd oder Aether.	KO = Kaliumoxyd oder Kali.
$(C_4H_5)O + HO$ = AeO, HO = Aethyloxyd-Hydrat oder Weingeist.	KO, HO = Kaliumoxyd-Hydrat oder Aetzkali.
$(C_4H_5)O + CO_2$ = AeO, CO_2 = Kohlensaures Aethyloxyd oder Kohlensäure-Aether.	KO, CO_2 = Kohlensaures Kali.
$(C_4H_5)O + C_4H_3O_3$ = AeO, $C_4H_3O_3$ = Essigsaur. Aethyloxyd oder Essigäther.	KO, $C_4H_3O_3$ = Essigsaures Kali.
$(C_4H_5)Cl$ = AeCl = Chloräthyl.	KCl = Chlorkalium.
$(C_4H_5)J$ = AeJ = Jodäthyl.	KJ = Jodkalium.
$(C_4H_5)S$ = AeS = Schwefeläthyl.	KS = Schwefelkalium
u. s. w.	u. s. w.

Aus vorstehender Reihe des Aethyls ergibt sich von selbst die Bedeutung der sogenannten Radicaltheorie in der organischen Chemie. Ihr gemäß gilt auch für die hierher gehörigen Verbindungen jener Dualismus in der chemischen Zusammensetzung, der im übrigen Bereich der Chemie sich herrschend erweist. Es wurden zusammengesetzte Radicale in noch andren Stoffen aufgefunden, wie z. B. in dem Holzgeist das Methyl, C_2H_3; in dem Fuselöl das Amyl, $C_{10}H_{11}$; in der Bezoesäure ein Radical, das sogar Sauerstoff enthält, das Benzoyl, $C_{14}H_5O_2$; in der Essigsäure das Acetoyl, $C_4H_3O_2$ u. a. m., welche ähnliche Verbindungsreihen bilden, wie die oben für das Aethyl gegebene.

Einzuwenden hatte man gegen diese Radicaltheorie hauptsäch-

lich, daß die ihr zu Grund gelegten Radicale nur hypothetische Verbindungen seien, d. h. solche, die für sich nicht darzustellen wären, sowie ferner, daß man in einer großen Anzahl organischer Verbindungen noch kein Radical nachzuweisen vermöge. Die Beseitigung beider Einwürfe läßt sich jedoch von dem Fortschritte der experimentellen Chemie erwarten, wie es ihr denn wirklich in neuester Zeit gelungen ist, das Aethyl und andere Radicale im isolirten Zustande darzustellen.

Auch konnte Unsicherheit darüber herrschen, welche Atomgruppe einer chemischen Verbindung als ihr Radical anzusehen sei. Man war z. B. längere Zeit in Streit, ob der Aether zu betrachten sei als das Hydrat einer Kohlenwasserstoffverbindung $= C_4H_4$, die man Aetherin nannte, wonach er die Formel $(C_4H_4)+HO$ erhalten würde, oder als das Oxyd des Aethyls $(C_4H_5)O$, wie jetzt als festgestellt erscheint. In dieser Hinsicht sind es vorzüglich die Umsetzungs- und Zersetzungsproducte, von welchen man sich leiten läßt in der Ansicht über die chemische Constitution.

Im Ganzen dürfen wir die Radicaltheorie als die im organischen Gebiete herrschende bezeichnen. Freilich hat dieselbe mehrfache Erweiterung und Modification erfahren durch die Aufnahme von Thatsachen, welche anfänglich sie zu erschüttern drohten. Ja eine in neuester Zeit sich geltend machende Auffassungsweise der organischen Verbindungen, die Typenlehre beruht im wesentlichen doch mit auf den Grundideen der Radicaltheorie, nämlich auf der Constanz gewisser Atomgruppen.

Es wurde schon bei einer frühern Gelegenheit, als von den Zersetzungen der organischen Verbindungen die Rede war, S. 146, die eigenthümliche Art der Einwirkung des Chlors auf dieselben beschrieben. Sie besteht darin, daß dieses durch seine energische Verwandtschaft ausgezeichnete Element sich mit ein, zwei oder mehr Atomen Wasserstoff des organischen Körpers zu Chlorwasserstoff verbindet, der ausgeschieden wird, aber an die Stelle der also entzogenen Wasserstoffatome tritt eine entsprechende Anzahl von Atomen des Chlors. Diese Ersetzung von Wasserstoff durch Chlor wird mit dem Ausdruck der Substitution bezeichnet. Das Auf-

fallendste hierbei ist, daß durch dieselbe der Charakter der chemischen Verbindung, an welcher die Substitution stattfindet, im wesentlichen unverändert bleibt. So z. B. kann man der Essigsäure, $C_4H_4O_4$ durch die Einwirkung von Chlor drei Atome Wasserstoff entziehen und sie durch Chlor ersetzen und es zeigt alsdann das Product, die sogenannte Chloressigsäure, $C_4Cl_3HO_4$, eine große Aehnlichkeit mit der Essigsäure; in dem Anilin, einem basischen Körper von der Zusammensetzung $C_{12}H_7N$ können ein, zwei und mehr Atome Wasserstoff durch Chlor substituirt werden, wodurch man Chloranilin, $C_{12}ClH_6N$, Bichloranilin $C_{12}Cl_2H_5N$ u. s. w. erhält, Körper, die ebenfalls basische Eigenschaften besitzen.

Am meisten erweisen sich diese Thatsachen im Widerspruch mit der elektrochemischen Theorie, nach welcher das Chlor, ein Körper der für sich eine entschieden negative Rolle spielt, als Bestandtheil in eine Basis eintreten kann, ohne daß diese ihre elektropositiven, d. i. basischen Eigenschaften verliert.

Weitere Forschungen zeigten, daß die Substitution in sehr ausgedehntem Grade stattfindet, indem außer Chlor auch Brom, Jod und Schwefel sowol für sich allein, als auch nebeneinander als Substituenten auftreten, ja, daß auch zusammengesetzte Körper diese Rolle übernehmen können, wie namentlich die Untersalpetersäure, NO_4, und überhaupt die zusammengesetzten Radicale.

Als Regeln der Substitutionslehre sind zu bemerken, daß dieselbe nicht auf alle Atome der gegebenen Verbindung sich erstrecken kann, namentlich niemals auf die Kohlenatome derselben; daß ferner die Summe der eingetretenen Atome und der verbliebenen Wasserstoffatome stets eine gerade Zahl bildet; endlich, daß der Charakter einer Verbindung in dem Grade mehr alterirt erscheint, je mehr ihrer ursprünglichen Atome durch andere ersetzt wurden. Chloranilin und Bichloranilin besitzen noch basische Eigenschaften, während dies bei Trichloranilin, $C_{12}Cl_3H_4N$, nicht mehr der Fall ist.

Um daher die Ergebnisse der Substitutionstheorie mit der Radicaltheorie zu vereinbaren, müssen wir den Begriff des organischen Radicals dahin erweitern, daß in manchen Fällen gewisse Atome

deſſelben durch andere elementare Atome oder ſelbſt durch Moleküle zuſammengeſetzter Körper erſetzt werden können, ohne weſentliche Aenderung des Charakters des Radicals; in andern Fällen wird bei weiter gehender Subſtitution dieſer Charakter aufgehoben oder das Radical zerfällt überhaupt in Körper von veränderter Conſtitution.

Aus der mehr und mehr ſich häufenden Anzahl neu entdeckter organiſcher Verbindungen bildeten ſich allmählich die ſogenannten homologen Reihen heraus, in vorzüglichem Grade geeignet, ganze Gruppen von Körpern ſowol hinſichtlich ihrer chemiſchen und phyſikaliſchen Eigenſchaften als auch ihrer Zuſammenſetzung in einem eigenthümlichen Zuſammenhang überſehen zu laſſen. Der Anblick einiger derartiger Reihen wird ihre Bedeutung ſogleich erkennen laſſen.

Reihe der Säuren:		Reihe der Alkohole:	
Ameiſenſäure	$C_2 H_2 O_4$	Holzgeiſt od. Methylalkohol	$C_2 H_4 O_2$
Eſſigſäure	$C_4 H_4 O_4$	Weingeiſt od. Aethylalkohol	$C_4 H_6 O_2$
Propionſäure	$C_6 H_6 O_4$	Propylalkohol	$C_6 H_8 O_2$
Butterſäure	$C_8 H_8 O_4$	Butylalkohol	$C_8 H_{10} O_2$
Valerianſäure	$C_{10} H_{10} O_4$	Amylalkohol	$C_{10} H_{12} O_2$
. . . . .		. . . . .	
Margarinſäure	$C_{34} H_{34} O_4$	Aethal	$C_{32} H_{34} O_2$
Stearinſäure	$C_{36} H_{36} O_4$		

Jedes folgende Glied der homologen Reihen iſt gleich dem vorhergehenden plus 2 CH, und es erſcheinen hier Verbindungen zuſammengeſtellt, die nicht nur ähnliche (analoge) Zuſammenſetzung, ſondern auch entſprechende (correſpondirende) Eigenſchaften haben. Von beſonderm Vortheil erſcheint es, daß ihre Zuſammenſetzung ſich durch eine allgemeine Formel ausdrücken läßt. So z. B. iſt $C_n H_n O_4$ die allgemeine Formel der obigen Säurenreihe und $C_n H_n + {}_2O_2$ die der Alkohole. Nicht nur kommen dieſe dem Gedächtniß zu Hülfe, ſondern ſie leiſten ganz vorzügliche Dienſte, um gewiſſe Zerſetzungs- und Verbindungsreihen, welche den Gliedern einer Reihe gemeinſam ſind, auch in allgemeiner Weiſe darzuſtellen. Ebenſo deuten die in einigen der homologen Reihen vorhandenen Lücken darauf hin, daß hier noch die Entdeckung des fehlenden Gliedes zu erwarten, even-

tuell auf dieselbe auszugehen ist. Endlich finden zwischen der Stellung des Gliedes einer Reihe und seinem Siedepunkte gesetzmäßige Beziehungen statt, auf welche wir später zurückkommen.

Verschiedene weitere Anschauungsweisen über die Constitution der organischen Verbindungen können wir nur kurz erwähnen. Es gehören hierher die Lehre von den gepaarten Verbindungen oder Paarungen, die ältere Typenlehre und die Kerntheorie. Es zeigt sich öfter, daß ein neutraler Körper mit einer Säure sich verbindet, ohne daß letztere ihre Haupteigenschaften verliert, indem sie namentlich ihr Sättigungsvermögen unverändert beibehält. Auch findet man mehrfach indifferente Körper zu Verbindungen miteinander vereinigt, die doch weder den Salzen noch den Substitutionsproducten entsprechen, vielmehr als eine Nebeneinanderreihung oder Paarung erscheint, deren Bestandtheile dann meist leicht wieder auseinanderfallen, sobald eine Ursache ihre Spaltung bewirkt. Solche gepaarte Verbindungen sind z. B. die Indig-Schwefsäure $C_{16}H_4NO_2+S_2O_5$, HO, und aller Wahrscheinlichkeit nach die meisten indifferenten Pflanzenstoffe, wie Zucker, Gummi u. a. m.

Hauptsächlich veranlaßt durch die Substitutionserscheinungen war die ältere Typenlehre entstanden, welcher gemäß die Eintheilung der organischen Verbindungen durch die Anzahl und die mechanische Anordnung der Atome ihrer Bestandtheile bedingt wird. Zu ein und demselben Typus rechnete man alle Verbindungen, welche in einem Atomgewicht gleichviel elementare Atome enthielten. Nach der Kerntheorie wurden die einfachsten darstellbaren Verbindungen und zwar Kohlenwasserstoffe als die Stammkerne angesehen, aus welchen durch Anlagerung weiterer Atome die mannichfachen organischen Verbindungen abzuleiten seien.

Wenn man erwägt, daß die vorstehend zum Theil nur angedeuteten Vorstellungen über die Constitution der chemischen Verbindungen nach und nach von den ausgezeichnetsten Forschern auf diesem Gebiete ausgegangen sind, daß alle zur Erklärung gewisser Erscheinungen unbestreitbare Vorzüge besitzen, so kann man hieraus die Schwierigkeiten ermessen, welche überhaupt der Durchführung einer nach allen Seiten entsprechenden Theorie sich entgegenstellen.

Um so größere Aufmerksamkeit verdient der in dieser Richtung in letzter Zeit gemachte Versuch. Die neuere Typentheorie, ausgegangen von französischen Chemikern, will eine allen Anforderungen entsprechende Auffassung der organischen Verbindungen gewähren. Insbesondere suchte sie den Thatsachen, welche den vorhergegangenen Theorien zu Grunde lagen, gerecht zu werden und das in jeder derselben enthaltene Wahre und Wesentliche in sich aufzunehmen.

Die Grundideen, von welchen die Typentheorie ausgeht, sind etwa folgende: Wie die Natur in der Uranlage all ihrer Werke sich einfach erweist und nur in wenigen Hauptzügen sich äußert, nach welchen dann mit verschwenderischer Fülle zahllose Individuen sich ableiten und mit einer gewissen Freiheit weiter entwickeln können, so liegen auch allen chemischen Verbindungen nur einige wenige Urbilder, Urformeln oder Typen zu Grunde, von welchen alle übrigen nur Varianten sind.

Zur Aufstellung ihrer rationellen Formeln geht die Typentheorie von solchen relativen Gewichtsmengen der chemischen Verbindungen aus, welche in Dampfform je vier Volumen entsprechen. Es wird hier angenommen, und dies ist ein wesentlicher Grundsatz der Theorie, daß die Aequivalente aller chemischen Verbindungen in gasförmigem Zustande gedacht, einen gleichen Raum einnehmen.

Als Musterformeln, nach welchen die chemische Verwandtschaft ihre mannichfaltigen Producte ausarbeitet, werden die der folgenden Verbindungen aufgestellt:

Typus I:

$\left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\}$ entsprechend zwei Aequivalenten Wasserstoff, vereinigt zu einem Molekül.

Typus II:

$\left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O_2$ entsprechend zwei Aeq. Wasser oder zwei Aeq. Wasserstoff und zwei Aeq. Sauerstoff, zu einem Molekül vereinigt.

Typus III:

$\left.\begin{matrix} H \\ H \\ H \end{matrix}\right\} N$ entsprechend einem Aeq. Ammoniak oder drei Aeq. Wasserstoff und einem Aeq. Stickstoff zu einem Molekül vereinigt.

Aus diesen Formeln werden die der übrigen chemischen Verbindungen in der Weise abgeleitet, daß die Stelle des Wasserstoffs von Atomen beliebiger anderer Elemente oder Atomgruppen, die sich wie einfache Körper verhalten, also von organischen Radicalen eingenommen wird, welche den Wasserstoff theilweise oder gänzlich vertreten.

Es fällt hier zunächst das Erscheinen einer Vereinigung von Wasserstoff mit Wasserstoff, HH, auf. Zur Rechtfertigung dessen dient die Erfahrung, daß bei den meisten chemischen Zersetzungen, bei welchen Wasserstoff mit ins Spiel kommt, die dabei eintretenden oder ausgeschiedenen Mengen desselben nicht einem Aequivalent = H, sondern zwei Aequivalenten Wasserstoff H_2 oder dessen Multiplen entsprechen.

Nächst diesem überrascht uns die Schreibart dieser Formeln. Es ist nicht mehr die bisher übliche Nebeneinanderstellung der dualistischen Ansicht, wo Kommastriche, Pluszeichen und nöthigenfalls noch Klammern zweitheilig unterscheiden und verbinden, vielmehr erblicken wir hier ein auszufüllendes Fachwerk, erinnernd an die mechanischen Typen. Die Constituenten stehen übereinander, um anzudeuten, daß nicht nur ihr Vorhandensein von Bedeutung ist, sondern auch der Platz, den sie einnehmen, denn sonst wäre es sicherlich einfacher und in typographischer Hinsicht willkommener zu schreiben: H_3N, anstatt $\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N$, um die Zusammensetzung des Ammoniaks auszudrücken.

Es ist ferner zu bemerken, daß die Typentheorie sich gleichmäßig auf die unorganischen Verbindungen erstreckt, wie auf die organischen, ja daß sie hauptsächlich eine Gesammtauffassung dieser beiden sonst mehr geschiedenen Gebiete im Auge hat.

Wir wollen nun die Formeln einiger organischer Verbindungen nach obigen Mustern ableiten, indem wir an die Stelle von H, Atome von Chlor oder Kalium, sowie Moleküle von Aethyl, C_4H_5, und von Untersalpetersäure, NO_4, eintreten lassen:

Typus I.

$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}$; $\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}$ Aethyl-wasserstoff; $\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}$ Aethyl; $\left.\begin{matrix}C_4H_5\\Cl\end{matrix}\right\}$ Aethyl-chlorür.

Typus II.

$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2$; $\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\end{matrix}\right\}O_2$ Weingeist; $\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2$ Aether, $\left.\begin{matrix}NO_4\\C_4H_5\end{matrix}\right\}O_2$ Salpeter-saures Aethyloxyd.

$\left.\begin{matrix}K\\H\end{matrix}\right\}O_2$ Kali-hydrat; $\left.\begin{matrix}K\\K\end{matrix}\right\}O_2$ Kali; $\left.\begin{matrix}NO_4\\K\end{matrix}\right\}O_2$ Salpeter-saures Kali.

Typus III.

$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N$; $\left.\begin{matrix}C_4H_5\\H\\H\end{matrix}\right\}N$ Aethylamin, $\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H^5\\H\end{matrix}\right\}N$ Diäthyl-amin. $\left.\begin{matrix}C_4H_5\\C_4H_5\\C_4H_5\end{matrix}\right\}N$ Triäthyl-amin.

Die Anzahl der von den Stammtypen abzuleitenden Verbindungen wird noch vermehrt, indem durch Verdoppelung oder Verdreifachung der Musterformel Reihen secundärer und tertiärer Ordnungen entstehen. Ebenso bilden sich neue Stammtypen mit entsprechenden Ableitungen, wenn Schwefel, Arsenik oder Phosphor an die Stelle von O_2 und N bei den Typen II und III treten.

Um einer jeden der bekannten chemischen Verbindungen ihre Stelle in diesem Systeme anzuweisen, war eine genaue Kenntniß derselben nach allen Richtungen erforderlich und sowol der hierauf verwendete Fleiß, als auch die Umsicht und der Scharfsinn, mit welcher die Durchführung desselben versucht worden ist, verdient die größte Anerkennung. Als Ideal der vollendeten Theorie erscheint eine synoptische Generalkarte aller organischen Verbindungen, wo dieselben nach Horizontal- und Verticallinien neben- und untereinander geordnet erscheinen. Es würden alsdann die horizontalen Reihen in genetischer Fortentwickelung vom Stammtypus ausgehend die chemischen Verbindungen nach ihrem Charakter so geordnet erscheinen lassen, daß die neutralen oder indifferenten Stoffe die Mitte einnehmen, während links die elektro-positiven und rechts die elektro-negativen Körper sich befinden. In verticaler Linie untereinander fänden sich die homologen Substanzen zusammen.

Fragen wir nun, welche der im Vorstehenden aufgeführten Theorien ist die herrschende und maßgebende, oder welche hat die Aussicht, daß ihr die Zukunft angehört, daß sie dermaleinst zur allgemeinsten Geltung gelangt, so läßt sich hierüber kein entscheidender Ausspruch thun, es ist dies und bleibt wol noch für längere Zeit eine schwebende Frage. Zwar in der Literatur des Tages, in den chemischen Zeitschriften herrscht die Darstellung der organischen Chemie nach der neuern Typentheorie im Ganzen vor. Sehen wir uns aber um nach umfassendern, systematischen Werken über die organische Chemie, so begegnen wir dem auffallenden Umstande, daß keins von neuestem Datum vorhanden ist, wenn wir das Werk des Begründers der Typentheorie selbst ausnehmen.

Es scheint im allgemeinen jetzt mehr und mehr eine derartige Auffassung in Uebung zu kommen, wonach man geneigt ist, keiner Theorie in absolutester Geltung zu huldigen, sondern mit vorurtheilsfreier Wahl im gegebenen Falle sich der Vortheile einer jeden zu bedienen; die Theorien sind hiernach nicht ein Kanon, der da unfehlbar sagt, wie die Sache wirklich ist und sein muß, vielmehr sind sie Anschauungsformen, wie sie sein können und wahrscheinlich sind. Daher finden wir in den kleinern Lehrbüchern der organischen Chemie, welche durch angemessene Vermittelung des Neuesten aus der Journalistik an das Lehrgebiet so vortreffliche Dienste leisten, sowol die Radicaltheorie in Geltung, als auch die Erklärungsweise der Typentheorie zu Hülfe genommen.

Freilich ist einer solchen freiern und unbefangenern Betrachtungsweise eine lange Periode heißen Kampfes und herben Streites vorausgegangen, der mehrfach Freunde, Lehrer und Schüler entzweite und von dem wissenschaftlichen Felde bis auf das persönliche sich fortsetzte. Aber die Wissenschaft selbst hat dadurch nur gewonnen; bei der verführerischen Lockung, welche das Spiel mit chemischen Formeln und das Zusammenreihen derselben nach theoretischen Systemen bietet, mußte das Unfertige, Unsichere oder Voreilige mit schonungsloser Kritik aufgenommen und zurückgewiesen werden. Niemand wurde gestattet, Schemen vorzuführen, die er nicht selbst zu beleben verstehe, und

dieſe Hinweiſung auf den thatſächlichen Beleg brachte eine Fülle der wichtigſten Arbeiten und Entdeckungen und als ſchönſten Erfolg die Verſöhnung erbitterter Gegner.

21. Theorie der Chemie; ſind die chemiſchen Elemente wirklich unzerlegbar? Triadiſche Gruppirung derſelben; Schluß.

Werfen wir am Schluſſe dieſes Abſchnitts nochmals einen Blick auf jene Reihe von ſechzig Elementen oder einfachen Stoffen, die in mannichfachem Wechſel verbunden die körperliche Welt des Unorganiſchen und Organiſchen um uns her bilden. Welche Contraſte bieten uns dieſe Stoffe! Von gleichem Rang in ihrer Unzerlegbarkeit beſitzen ſie die auffallendſte Ungleichheit in ihrem Werth. Dem Sauerſtoff gegenüber, der durch Maſſe und Kraft wie ein Herrſcher im Reich der Chemie auftritt, verſchwinden Dutzende von Elementen als kaum nennenswerthe Curioſitäten.

In der That ſind die einfachen Körper ſchon früher und mehrfach Gegenſtand der Erörterung geworden. Was zunächſt ihre Unzerlegbarkeit betrifft, auf welcher ihre elementare Natur beruht, ſo iſt dieſe nur eine bedingt zugegebene. Seit der Entdeckung des Cyans, des Ammonium-Amalgams und der organiſchen zuſammengeſetzten Radicale iſt den Chemikern der Gedanke geläufig geworden, daß nicht alle Stoffe, die wir jetzt für unzerlegbar halten, es auch wirklich ſind. Je weiter bis jetzt in allen Gebieten der Naturwiſſenſchaft das Fortſchreiten zu den Grundlagen der Phänomene gelungen iſt, um ſo einfacher ſtellen dieſe ſich dar. Und deshalb wundert man ſich, daß die Natur ſechzig verſchiedene Urformen der Materie haben ſoll, daß ihr Alphabet, mit welchen ſie ihre Werke verfaßt, an Zahl das Alphabet des Geiſtes übertreffen ſoll. Erinnert man ſich der merkwürdigen Unterſchiede, welche ein und derſelbe uns bekannte Körper, wie z. B. der Phosphor, in verſchiedenen allotropen Zuſtänden darzubieten vermag, ſo liegt der Gedanke nahe, daß manche Elemente nnr allotrope Modificationen einer und derſelben Art ſein möchten. Dieſe Vorſtellung wird über-

es bestärkt durch die große und unverkennbare Aehnlichkeit, welche nzelne Gruppen der Elemente untereinander darbieten.

Das meiste Interesse gewähren bei Betrachtungen der Art die letalloïde, die, wiewol geringer an Zahl, doch durch ihre Univerlität, durch die Beweglichkeit ihrer vorherrschend gasförmigen Verndungen und namentlich durch ihren Einfluß auf die organische elt sich auszeichnen, während die Metalle, diese schwere Cavarie im Kampf der Elemente, trotz der großen Anzahl verschiedener rten eine gewisse Monotonie darbieten.

Es fehlt daher nicht an Versuchen, die Elemente nach ihrem ßern Verhalten sowol, als auch nach ihrem chemischen Charakter classificiren und in einzelne Gruppen abzutheilen. Wenn hierbei an auch einige schlagende Unterschiede leicht ins Auge fallen und wisse Abtheilungen sich wie von selbst ergeben, so hat es doch ine Noth, manchen Stoff am rechten Platze unterzubringen, ja es ßt mehrfach ein und dasselbe Element recht gut in verschiedene esellschaft. Wenn wir nachstehend eine Gruppirung der Elemente ittheilen, so bemerken wir, daß diese mehr dem Bedürfnisse einer bersichtlichen Anordnung für den Lernenden als einer wissenschaftchen Gliederung entsprechen soll.

Nichtmetallische Elemente, Metalloïde:

Amphigene, Stoffe, die mit andern Elementen sowol Säun als Basen bilden: Sauerstoff, Schwefel, Selen, Tellur.

Organogene, Stoffe aus deren Vereinigung die organischen Körper hervorgehen: Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, tickstoff.

Halogene, Stoffe, die mit Metallen Salze bilden: Chlor, rom, Jod, Fluor.

Pyrogene, leichtverbrennliche Stoffe: Schwefel, Selen, hosphor.

Hyalogene oder Glasbilder, weil ihre Säuren mit den Melloxyden zu Gläsern zusammenschmelzen: Silicium, Bor.

Alkalimetalle: Kalium, Natrium, Lithium.

Erdalkalimetalle: Calcium, Barium, Strontium, Magnesium.

Erdmetalle: Aluminium, Beryllium, Zirconium.

Arsenoïde oder Arsengruppe: Phosphor, Arsen, Antimon.

Ferroïde oder Eisengruppe: Eisen, Mangan, Kobalt.

Platinoïde oder Platingruppe, Platin, Osmium, Iridium, u. s. w.

Es pflegt in den chemischen Lehrbüchern meist eine Reihenfolge in der Abhandlung der einfachen Stoffe eingehalten zu werden, die einer ähnlichen Gruppirung entspricht, auch wenn diese nicht ausdrücklich hervorgehoben ist, weil in der That die Grenzen derselben mehrfach nicht festzustecken sind.

Eine andere Bedeutung gewinnt jedoch die vergleichende Betrachtung der Elemente, wenn dabei vorzugsweise ihre wichtigste Qualität ins Auge gefaßt wird, nämlich ihr Aequivalentgewicht. Die Zahlen, welche die Aequivalentgewichte ausdrücken, sind nach und nach als die Ergebnisse langjähriger, zum Theil höchst schwieriger Arbeiten und Beobachtungen erhalten worden. Ihre genaue Ermittelung bildete den größten Theil der Lebensaufgabe des verewigten Berzelius. Derselbe wurde dabei von keiner theoretischen Voraussetzung influirt, die ihn hätte veranlassen können, die Werthe der von ihm gefundenen Aequivalentzahlen im mindesten zu modificiren, sie sind ihm durch die unparteiische Zunge der Wage in die Feder dictirt worden.

Auf den ersten Blick in regellosen Sprüngen sich darstellend, hat man den Aequivalentzahlen doch gesetzmäßige Beziehungen abzugewinnen gesucht. Früh schon tauchte die Frage auf, ob nicht alle Aequivalente das Vielfache einer Einheit und zwar des kleinsten aller Aequivalentgewichte, des Wasserstoffs = 1, seien? In der That bedurfte es bei den meisten der gefundenen Zahlen nur eines kleinen Abzugs oder Zuschlags, um dieselben als Multipla des Wasserstoff-Aequivalents abzurunden. Von manchen Chemikern, insbesondere in England, wurden die jener Ansicht gemäß corrigirten Aequivalente ohne weiteres und mit großer Willkür angenommen. Andererseits dienten jedoch erneuerte Untersuchungen

immermehr zur Bestätigung jenes Gesetzes. So hatte man früher als Aequivalente des Sauerstoffs die Zahl 8,01 und des Kohlenstoffs die Zahl 6,13 festgestellt, während mit verbesserten Hülfsmitteln und äußerster Sorgfalt wiederholte Untersuchungen jetzt zur Annahme der runden Zahlen O = 8 und C = 6 geführt haben.

Nichtsdestoweniger widersteht eines der wichtigsten Elemente diesem Gesetze, nämlich das Chlor, dessen Aequivalent sich unabänderlich gleich 35,5 erweist. Allein diese Ausnahme verschwindet, sobald ein Element entdeckt würde, dessen Aequivalent nur halb so groß wäre, als das des Wasserstoffs oder wenn man das letztere selbst halbirt.

Im allgemeinen ist jetzt die Meinung der Chemiker der Ansicht günstig, nach welcher alle Aequivalente Multipla in runden Zahlen einer gegebenen oder noch zu findenden Einheit sind. Es ließe sich hieraus die Idee der Einheit aller Materie ableiten, die auf verschiedenen Stufen der Verdichtung befindlich, die sechzig verschiedenen Elemente darstellt — eine kühne Hypothese, die jedoch darum um so mehr des Beifalls der Naturphilosophen sich erfreuen würde, welchen ohnehin die Zahl von sechzig Elementen ein Greuel ist. Für die Berechnungen in der praktischen und theoretischen Chemie hält man jedoch vorerst an den Zahlen fest, die von den zuverlässigsten Gewährsmännern wirklich gefunden worden sind.

Allein die Zahlenreihe der Aequivalente bietet noch weitere Anhaltpunkte für die theoretische Speculation. So ist es sicherlich auffallend, daß sich mehrere Gruppen von Körpern vorfinden, die außer einer großen Aehnlichkeit in ihrem chemischen Charakter auch darin übereinstimmen, daß ihre Aequivalentzahlen nahezu dieselben sind, wie z. B.

Chrom	26,2	Kobalt	30,6	Kupfer	31,7	Iridium	98,6
Mangan	27,6	Nickel	29	Zink	32,5	Platin	99,7
Eisen	28	Rhodium	52	Cerium	46,0	Osmium	100
		Ruthenium	52	Lanthan	46,0		

Oder dieselben sind wirklich oder nahezu die Multipla voneinander, z. B.

Sauerstoff	= 8	= 1 × 8	Bor . .	= 11	= 1 × 11
Schwefel	= 16	= 2 × 8	Kieſel .	= 21,3	= 2 × 11
Phosphor	= 31	= 4 × 8			
Selen .	= 39,5	= 5 × 8			
Tellur .	= 64,5	= 8 × 8			

Sodann ergibt es ſich, daß man alle einfachen Stoffe in kleine Gruppen von je drei Gliedern in ſogenannte Triaden ordnen kann, die erſtlich in ihrem chemiſchen Charakter übereinſtimmen und zwiſchen deren Aequivalentzahlen die eigenthümliche Geſetzmäßigkeit ſtattfindet, daß die Aequivalentzahl des mittlern Gliedes einer Triade das arithmetiſche Mittel der beiden andern Aequivalente iſt. Auch hiervon theilen wir einige Beiſpiele mit:

1. Triade:

Gefundene Werthe:		Berechneter Werth des Mittelgliedes:
Chlor	35,5	$\frac{35{,}5 + 127}{2} = \frac{162{,}5}{2} = 81$ (für Brom),
Brom	80	
Jod	127	

2. Triade:

Phosphor	31	$\frac{31 + 120{,}3}{2} = \frac{151{,}3}{2} = 75$ (für Arſen),
Arſen	75	
Antimon	120,3	

3. Triade:

Lithium	6,5	$\frac{6{,}5 + 39}{2} = \frac{45{,}5}{2} = 22{,}7$ (für Natrium).
Natrium	23	
Kalium	39	

So überraſchend mehrere der vorſtehenden Zahlengruppirungen auf den erſten Blick erſcheinen, ſo reichen dieſelben doch nicht aus für den conſequenten Nachweis wirklicher Geſetze. Da das Aequivalent des Waſſerſtoffes = 1, alſo im Vergleich zu den übrigen Aequivalenten ſehr klein iſt, ſo darf man ſich weniger wundern, wenn letztere wirkliche oder ſehr genäherte Multipla von Eins ſind. Man findet ferner Elemente von ſehr unähnlichem Charakter, deren Aequivalente doch ſehr nahe übereinſtimmen, wie Phosphor = 31 und Kupfer = 31,7; Selen = 39,5 und Kalium = 39. Auch

en ſich nahe verwandte Triaden bilden, wie Fluor, Chlor und
om, wie Magneſium, Calicum und Strontium, deren mittleres
ed in Wirklichkeit nicht das Aequivalent beſitzt, welches ſich als
ttel aus dem erſten und dritten ergibt. Man iſt daher geneigt,
den bisherigen Aufſtellungen der Art mehr Zufälliges als Geſetz-
ßiges anzunehmen.

Dagegen verdient eine neuere Betrachtungsweiſe der Aequi-
entzahlen unſere Aufmerkſamkeit, namentlich deshalb, weil ſie
Aequivalente der unorganiſchen Elemente in eine vergleichende
ſiehung zu den Aequivalenten der zuſammengeſetzten Radicale
igt. Es liegt hier die Anſicht zu Grunde, daß die Aequivalent-
len der natürlichen Gruppen der Elemente ſich durch gewiſſe
ſtante Differenzzahlen unterſcheiden, ähnlich wie ſie die Aequi-
entzahlen ſolcher zuſammengeſetzten Radicale darbieten, die zu
r natürlichen Gruppe oder homologen Reihe (S. 196) gehören.
conſtante Differenz bei Aequivalenten unorganiſcher Elemente
t mehrfach die Zahl 8 auf.

Wir erläutern das Geſagte durch folgende Beiſpiele:

Unorganiſche Elemente.			Organiſche Radicale.
der Hypotheſe berechnete Aequivalentzahlen:		Durch die Analyſe gefundene:	Mit der Differenz 14, entſprechend $C_2 H_2$.
erſtoff	$= 8 \quad = 8$	8	Methyl $=15 \quad =15$
vefel	$= 8+8 \quad =16$	16	Aethyl $=15+14 \quad =29$
n	$= 8+4 \times 8=40$	39,5	Butyl $=15+3\times14=57$
r	$= 8+6 \times 8=64$	64,5	Amyl $=15+4\times14=71$
neſ.	$=12 \quad =12$	12	
ium	$=12+8 \quad =20$	20	
ntium	$=12+4 \times 8=44$	43,9	
um	$=12+7 \times 8=68$	68,6	

Da hier die geſetzmäßige Fortbewegung durch eine größere
l, nämlich 8 ausgedrückt wird, ſo ſpricht dies dafür, daß der-
n nicht eine bloſe Zufälligkeit zu Grunde liege.

Wenn nun auch die angedeuteten Untersuchungen über die Aequivalente der Elemente gerade nicht zu einem befriedigenden gesetzlichen Abschluß durchgeführt werden konnten, so waren sie doch bereits von wesentlichem Einfluß auf die Verbesserung in der Feststellung der Aequivalentenzahlen. Andererseits ergänzen sie dem Leser das Bild der im theoretischen Theile geschilderten, unermüdlich nach allen Seiten des chemischen Gebiets gerichteten Forscherthätigkeit der Chemiker der Gegenwart.

Ein Alchemiſt.

Entwickelungsgeſchichte der Chemie.

„Obgleich in dem chemiſchen Fache, wie in ſo vielen andern, ſeit einem halben Jahrhunderte das Unerwartete geſchehen, ſo muß es doch immer unterhaltend und belehrend bleiben, rückwärts zu ſchauen und hiſtoriſch zu erkennen, was unſere Vorfahren geleiſtet, wie weit ihr Wiſſen vorwärts gedrungen, wo es geſtockt. Hierdurch finden wir uns denn aufs neue angeregt, hier und da die angedeuteten Wege zu verfolgen." Goethe.

wir in dem vorhergehenden Abſchnitt die Chemie vorzugs-
s die Wiſſenſchaft der Gegenwart dargeſtellt haben, ſo ſoll
t keineswegs als ein lediglices Eigenthum der jüngſten
ol aber einer neuern Periode angeſehen werden, die einen
ı umfaßt, wie ihn der auf den Höhepunkt ſeiner Entwicke-
angte Mann, rückwärts und vorwärts ſchauend, zu über-
ermag. Denn auch die nächſte Zukunft dürfen wir dieſer

Periode zurechnen, da sie durch den jetzigen Standpunkt der chemischen Wissenschaft ebenso bedingt ist, wie dieser selbst durch das seit fünfundzwanzig Jahren Geleistete. Die sogenannten schwebenden Fragen der Chemie, auch wenn sie etwas später ihre Lösung finden, dürfen wir immerhin der Gegenwart anrechnen.

Gleichwie es jedoch auf andern Gebieten des Wissens unmöglich erscheint, den im Augenblick von demselben behaupteten Standpunkt richtig zu würdigen und namentlich die Beziehungen zu andern Zweigen geistiger Errungenschaften festzustellen, ohne daß wir zurückgehen auf die Quelle, welcher das einzelne Wissen aus der Fülle der menschlichen Geistesthätigkeiten entsprungen: so ist dies auch mit der unserer Betrachtung vorliegenden Wissenschaft, mit der Chemie, der Fall.

Gewiß, es wäre unmöglich, als Aufgabe der Staatswissenschaft oder Politik den gegenwärtigen Zustand der völkerrechtlichen Lage Europas, ja nur die politischen Verhältnisse Deutschlands zu verstehen ohne den Faden der rückwärts führenden Geschichte. Sicherlich würde die Phantasie keines Sterblichen im Stande sein, aus einer gegebenen Volks- und Ländermasse ein solches Gewirre von Grenzen, Verfassungen, bürgerlichen Satzungen und fürstlichen Hausgesetzen, Interessen, Sympathien und Antipathien hervorgehen zu lassen, als alles dies sich aus vorhandenen Bedingungen mit Nothwendigkeit zu dem theilweise sehr unerquicklichen Zustande der Gegenwart entwickeln mußte. Nur schwierig ergeben sich auf dem Experimentirtische der Geschichte, auf welchen in rastlosen Schwankungen der menschliche Geist oscillirt, brauchbare Gesetze, die seiner Bewegung künftig als Grundlage zu dienen fähig sind, und die wahre Politik wird noch lange als die Wissenschaft der Zukunft bezeichnet werden müssen.

Ebenso wird unser Ausspruch, der die Chemie vorzugsweise der Gegenwart zueignet, nur dann verständlich und überzeugend sein, wenn wir den Nachweis liefern, daß in frühern Perioden der Geschichte von der Chemie als Wissenschaft kaum die Rede sein konnte. Aus diesem Grunde müssen wir allerdings den Ausspruch Goethe's durch eine rückwärts gehende Betrachtung zu rechtfertigen

suchen. Wir sind hierzu um so mehr verbunden, als unsere Wissenschaft einen Namen trägt, der so weit ins Alterthum hinaufreicht, daß wir nicht einmal im Stande sind, Ursprung und Bedeutung des Worts Chemie mit Gewißheit abzuleiten, sodaß wir in dieser Beziehung in großer Unsicherheit uns befinden. Wenn nun der Name so alt und die Wissenschaft, die er bezeichnet, als so neu dargestellt wird, so bedarf dies jedenfalls einer Aufklärung; und ebenso wie es unmöglich ist, die gegenwärtigen Beziehungen verschiedener Staaten ohne historischen Hintergrund richtig zu beurtheilen, können wir hier das Verhältniß der Chemie zu den Wissenschaften keineswegs erfolgreich ausführen, ohne einen Blick in die Geschichte der Chemie zu werfen.

Ursprung der Chemie.

Fragen wir uns zuerst, ob aus der Chemie an sich, wie wir in der ersten Abtheilung unserer Abhandlung bemüht waren, dieselbe als Wissenschaft darzustellen, eine große Wahrscheinlichkeit oder Nothwendigkeit sich folgern lasse, daß sie schon früher in einiger Ausbildung und Vollendung bei den Völkern des Alterthums sich eingestellt haben müsse, so wird nach nicht allzu langem Erwägen die Antwort im verneinenden Sinne ausfallen.

Solche rückwärts schließende Beweisführungen haben freilich eine große Erleichterung in der ihnen zur Seite stehenden vollendeten Thatsache. Für das, was wirklich geschehen ist, sind wir selten um Gründe verlegen. Allein wenn man sich die Schwierigkeit der feinern chemischen Versuche und die dabei nothwendige Berücksichtigung so vieler Nebenumstände vergegenwärtigt, die erforderlich sind, um z. B. ein analytisches Resultat von beweisführender Kraft zu erhalten, so sieht man wol ein, daß selbst von den scharfsinnigsten Gelehrten des Alterthums, den Philosophen der Griechen, solche Arbeiten nicht zu erwarten sind. Theils fehlte ihnen manches von dem hierzu erforderlichen Material, anderntheils aber war es die denselben eigene Geistesrichtung, nach welcher sie auf dem Wege reiner Gedankenentwickelung oder Speculation die wis-

senschaftliche Erkenntniß in den verschiedenen Gebieten zu erzielen strebten, wodurch sie der genauern Naturforschung fern blieben. In den Naturwissenschaften können aber Ideen den Fortschritt nur alsdann fördern, wenn sie fortwährend mit genau bestätigten Thatsachen zusammengehalten werden, um die Gültigkeit jener an der Uebereinstimmung mit letztern zu erproben.

Da wir die Griechen im übrigen in den Künsten geschickt sehen, so hätte doch von diesen eine Anregung zur experimentirenden Methode ausgehen oder unterstützt werden können. Allein alles, was Arbeit und Gewerbe heißt, geschah dort ausschließlich durch die Hände der Sklaven oder doch des ungebildeten Theils der Bevölkerung. Wenn nichtsdestoweniger ein jeder Gegenstand, der aus einer griechischen Werkstatt hervorgegangen und bis zu uns gekommen ist, das Gepräge des griechischen Schönheitssinns trägt, so war es eben doch nur der ästhetische Theil der Künste, welcher die Aufmerksamkeit und Theilnahme der Hochgebildeten für sich hatte. Anmuth und Schönheit der Form war die allgemein gestellte Forderung, und wir sehen daher auch vorzugsweise die auf rein mechanischen Hülfsmitteln beruhenden Künste bei den Griechen entwickelt, wie Baukunst, Bildhauerei, das Schneiden in Stein, die Mosaikarbeit und das Gießen und Treiben in Metall.

Dagegen warf sich die ganze geistige Kraft des gebildeten Griechen auf Philosophie, Politik und die mit beiden verbundene Redekunst, auf Poesie und Aesthetik der schönen Künste. Für diese Gebiete war in der That in dem geistig bewegten und offen daliegenden Leben des griechischen Volks als Anhaltepunkt für die ideale Betrachtung ein reichhaltiges Material gegeben, das nicht erst durch mühsame und Geduld erschöpfende Versuche und Arbeiten geschaffen zu werden brauchte, wie dies bei den Grundlagen der wissenschaftlichen Chemie der Fall ist.

Selbst das Gebiet der Medicin, das in späterer Zeit so fruchtbar für Förderung chemischer Thatsachen sich erwies, zeigte sich in der eben geschilderten Zeit ganz unergiebig, da die von den ältesten griechischen Aerzten gebrauchten Arzneimittel nur in Pflanzensäften, ohne besondere chemische Zubereitung, bestanden.

Wie wenig in der That der Begriff dessen, was wir jetzt unter einem naturwissenschaftlichen Versuch verstehen, damals vorausgesetzt werden kann, geht aus dem bekannten Experiment des Aristoteles hervor, nach welchem ein mit Asche gefülltes Gefäß gerade so viel Wasser aufnehmen soll als ein leeres.

Wenn wir nun bei dem so hochgebildeten, in scharfsinnigem Denken und logischen Anführungen so gewandten Volke der Griechen keinen Anfang wissenschaftlicher Chemie nachzuweisen vermögen, so dürfen wir uns füglich die Mühe ersparen, bei den übrigen Völkern, nicht allein der ältesten Geschichte, sondern auch einer langen nachfolgenden Periode, danach zu suchen, und zwar am wenigsten in jenen Zeiten, wo stürmische Völkerwanderungen die Cultur der Wissenschaften überhaupt nicht aufkommen ließen.

Allein auch von der nun folgenden Periode, in der Zeitrechnung etwa dem vierten Jahrhundert n. Chr. entsprechend, können wir den Beginn der wissenschaftlichen Chemie nicht datiren, obgleich sie in diesem dem Namen nach schon vorhanden zu sein scheint, und obgleich von da an eine Reihe von chemischen Thatsachen sich festzustellen beginnt, die wir als höchst werthvoll anzusehen haben.

Es beruht dies auf einer ganz besondern Eigenthümlichkeit in der Geschichte der Chemie, der wir nicht leicht in Verfolgung der Quellen irgendeiner andern Wissenschaft begegnen. Diese besteht darin, daß der Zweck, den wir heute der Chemie beilegen, in frühern Zeiten gänzlich unbekannt war und daher nicht Gegenstand der mannichfachen chemischen Arbeiten vieler Jahrhunderte sein konnte.

So alt die Gottesverehrung und der religiöse Cultus, die Feststellung bestimmter Rechtsverhältnisse und die Praxis, gegen Krankheiten gewisse Mittel anzuwenden, sind, so weit dürfen Theologie, Rechtswissenschaft und Medicin den Anfang ihrer Wissenschaften zurückverlegen. Das Ziel dieser Wissenschaften war in den frühesten Zeiten ihres Auftretens kein anderes, als es am heutigen Tage ist.

Im Gegensatze hiermit sehen wir die Chemie im Verlaufe ihrer Geschichte sehr verschiedene Zwecke sich vorstecken. Die Kunst des Goldmachens war es eine Zeit lang, worauf alle chemischen Arbeiten zielten, und nachher sehen wir die Heilung aller Krankheit,

ein Universalheilmittel, ein Lebenselixir, als höchsten Zweck dem Chemiker vorschweben. Daß so verschiedenen Richtungen dennoch derselbe Name geblieben ist — denn der Ausdruck Chemie ist schon an 1400 Jahre alt — beweist, wie es mehr die chemischen Operationen waren, auf welche diese Benennung bezogen wurde, als die denselben vorübergehend zu Grunde liegenden Zwecke. Haben wir doch schon früher gezeigt, wie selbst heutigen Tags der Zweck des Chemikers vielen noch gänzlich fremd ist, wie sie beim Namen Chemie unwillkürlich an Retorten und Kolben denken und keineswegs an den wissenschaftlichen Begriff derselben.

Die wechselnden Zwecke der chemischen Operationen haben dann der geschichtlichen Chemie und den ausführenden Chemikern nicht minder wechselnde Schicksale bereitet, und es ist anziehend, hierüber die eigenen Worte des Geschichtschreibers zu vernehmen:

„Die Geschichte der Chemie ist hauptsächlich interessant durch den Wechsel ihrer Schicksale; wenig andere Wissenschaften haben von ihrem Ursprunge an bis auf unsere Zeit so viele Schwierigkeiten, die ihrer Begründung, Aufklärung und Vervollkommnung im Wege standen, zu bekämpfen gehabt. Wenig andere haben sich so in Extremen bewegt wie gerade die Chemie. Ihrer allgemeinen Stellung nach ist sie bald eine verachtete Beschäftigung, bald die gepriesenste Wissenschaft. Bald wird ihr aller wissenschaftliche Charakter abgesprochen, wird sie von dem Freunde der Aufklärung als die Quelle unzähliger Irrthümer verabscheut, mit der Strenge des Gesetzes und der Geisel des Spotts verfolgt, von den Großen geächtet und mit dem Fluche der Kirche bedroht — bald wieder ist sie der Abgott, dem alle Stände sich beugen, die Wissenschaft, von welcher jeder Bereicherung und Belehrung erwartet. Bald wird ihre Ausübung nur insgeheim zu betreiben gewagt, bald wird ihr öffentlich der größte Vorschub geleistet. Die Art ihres Einflusses und ihrer Anwendung wechselte: bald erscheint sie in Begleitung aller Ausgeburten geistiger Verblendung und hilft das Ansehen derselben unterhalten — bald wieder zeigt sie sich als eins der wirksamsten Werkzeuge zur Vernichtung des Aberglaubens. Bald wird sie angewandt, um die mystischen Lehren theosophischer

Verrücktheit zu unterstützen, bald wird sie als Grundlage des crassesten Materialismus vorgeschoben. Bald leitet Habsucht, bald Wißbegierde ihr Studium; die Beschäftigung mit ihr ist bald Sache der Arzneikunde, bald Finanzspeculation; bald soll ihre Ausübung unmittelbar Haufen von Gold hervorbringen, bald soll sie nur mittelbar durch Beförderung der Gewerbe den Wohlstand heben, bald soll sie das Unmögliche möglich machen, aus eigener Macht lebendige Geschöpfe hervorbringen und Pflanzen aus ihrer Asche erwecken; bald verwirft man sie da, wo sie ungezwungen die richtigen Mittel, bestimmte Zwecke zu erreichen, angibt und die Anwendbarkeit derselben zu rechtfertigen weiß. Ihre Hülfswissenschaften wechseln: bald sucht sie sich auf Magie und Kabbala, Astrologie und Geisterbeschwörung zu stützen, sucht sie Belehrung in Visionen und Träumen — bald wieder geben die Grundsätze gesunder Philosophie, die nüchterne Anwendung der Mathematik auf zuverlässige Beobachtungen ihre Grundlagen ab. Und auch, wo sie in der Wahl ihrer Hülfswissenschaften richtig zu Werke geht, schwebt sie doch anfangs gewöhnlich in Extremen, ordnet sie sich oder die Hülfswissenschaft ganz unter, bis langes Studium das richtige Verhältniß lehrt. Ebenso wechselnd wird ihr Werth als Hülfsmittel anderer Wissenschaften geschätzt: bald wird sie von allen zurückgewiesen, höchstens als Kunst betrachtet, die jedes geistigen Gehalts ermangele, und selbst von den Fächern verleugnet, welche ihrer doch kaum entbehren können — bald wieder wird sie als der allmächtige Hebel angesehen, Wissenschaften zu fördern, die mit ihr in gar keinem Zusammenhange stehen; werden ihr andere Wissenschaften unbedingt untergeordnet, deren Zweck doch ein ganz anderer ist.

„Ihre Bekenner und Beförderer gehören allen Ständen an: Kaiser und Könige wie arme Umzügler, Geistliche, Aerzte, unabhängige Liebhaber der Naturwissenschaften wechseln ab als die Bewahrer ihrer Kenntnisse; bald in Klöstern, bald in Apotheken haben wir die Tempel ihrer Wissenschaft zu suchen; zu ihr bekennen sich Taschenspieler und Glücksritter wie schulgerechte Gelehrte.

„Aus einem solchen Chaos der verschiedenartigsten Einflüsse bricht sich endlich die heutige Chemie ihre Bahn, nimmt eine selb-

ständige Stellung ein, ordnet ihr Verhältniß zu andern Wissenschaften, wird ein wesentlicher Zweig allgemeiner Bildung und nützt mehr in Bewährung ihrer vielseitigen Anwendbarkeit, als sich je die größten Schwärmer von der Verfolgung einer einseitigen Richtung versprachen." *)

Bevor wir nun an eine Eintheilung der verschiedenen Zeiträume der Geschichte gehen, mögen einige Worte über Ursprung und Bedeutung des Namens Chemie angemessen erscheinen.

Diese Benennung konnte natürlich in einer Zeit nicht vorhanden sein, in welcher überhaupt zusammenhängende, auf ein bestimmtes Ziel gerichtete chemische Operationen nicht bekannt waren. Allein von dem Augenblick an, wo wir Nachrichten erhalten, daß die Kunst des Golderzeugens durch die Ausführung gewisser Experimente verfolgt werde, finden wir diese Beschäftigung mit dem Namen der Chemie bezeichnet. Die älteste Handschrift, in welcher derselbe sich findet, ist aus der Zeit Konstantin's des Großen, etwa 340 nach Christo. In einem Werke, das über den Einfluß der Planetenstellung zum Monde bei der Geburt auf die künftige Bestimmung des Menschen handelt, wird gesagt, daß die unterm Saturn Geborenen der Wissenschaft der Chemie angehören würden. Eine Erklärung des Ausdrucks ist nicht hinzugefügt, aber andern Orts findet man, daß in jener Zeit schon die Metallveredelung in Gold verfolgt und als Chemie bezeichnet wurde.

Was nun die Abstammung des Namens betrifft, so scheint die folgende am wahrscheinlichsten. Aegypten war das Land, aus welchem den Griechen die Kenntniß chemischer Operationen überliefert wurde, und da Aegypten auch früher Chemia hieß, so wurde der Name des Landes zugleich auf die dorther gekommene geheimnißvolle Kunst übertragen. Als die Araber die Richtung der Metallveredelung annahmen, so setzten sie deren Namen ihren Artikel vor, woher das Wort Alchemia entstanden ist. Wahrscheinlich ist auch durch diese ein Uebergang der Bezeichnung von Chemie in Chymie bewirkt worden, die später häufig gebraucht

*) Kopp, Geschichte der Chemie, I, 14.

wird und Veranlassung gab, den Namen vom griechischen Worte Chymos, das Saft und Flüssigkeit bedeutet, abzuleiten.

Die Geschichte der Chemie läßt sich in eine ältere, mittlere und neuere eintheilen. Der ältern Geschichte gehört jener Zeitraum des Alterthums an, in welchem zwar manche Producte, die zu verschiedenen Lebensbedürfnissen dienten, bereitet wurden, in welchem jedoch kein Zusammenhang in chemischen Kenntnissen und Zwecken sich vorfindet. Dieser Zeitraum erstreckt sich bis gegen das vierte Jahrhundert.

Die mittlere Geschichte von diesem Zeitpunkte an bis zur Mitte des siebzehnten Jahrhunderts zeigt nun den Unterschied, daß jetzt allerdings die chemischen Operationen in Zusammenhang gebracht und zur Verfolgung besonderer Zwecke verwendet werden. Allein diese Zwecke sind nicht die der Wissenschaft. Anfänglich ist die Goldmacherkunst das Ziel, bis im ersten Viertel des sechzehnten Jahrhunderts medicinische Zwecke als Hauptaufgabe der Chemie erscheinen.

Erst in der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts beginnt eine Lostrennung der Chemie, als einer Wissenschaft an sich, bemerklich zu werden, indem wir hier den Versuchen begegnen, die chemischen Thatsachen in ein System zu bringen und dies zur Erklärung von Naturerscheinungen anzuwenden.

Da in der mittlern Geschichte verschiedene Zwecke die Richtung der Chemie bestimmten und in der neuern Geschichte mehrere Systeme in ihrer Herrschaft einander folgen, so lassen sich hiernach auch fünf verschiedene Epochen oder Zeitalter der Chemie bilden, nämlich: 1) Zeitalter der chemischen Kenntnisse der Alten, bis 300 nach Christus; 2) Zeitalter der Alchemie oder Goldmacherkunst, von 300—1525; Zeitalter der medicinischen Chemie oder Jatrochemie, von 1525—1650; 4) Zeitalter der phlogistischen Theorie, von 1650—1775; 5) Zeitalter der analytischen Chemie, von 1775 bis zur Chemie der Gegenwart.

Es ist jedoch zu bemerken, daß diese Zeitabschnitte nicht in der Weise genau zu nehmen sind, wie dies durch die beigefügten Jahreszahlen ausgedrückt wird. Denn in dem zweiten Zeitalter finden

wir schon einzelne Bestrebungen, die ihrem Zwecke nach als dem dritten angehörig erscheinen, während andererseits einzelne alchemistische Arbeiten noch weit in die Periode der medicinischen Chemie, ja bis in das Zeitalter der neuern sich erstrecken, wobei wir freilich auf die in heutiger Zeit zuweilen noch vorkommenden Verirrungen keine Rücksicht nehmen, die immer noch Beispiele liefern, wie leichtgläubige und abergläubige Köpfe, durch das Lesen alchemistischer Werke verwirrt oder durch betrügerische Schelme verführt, der angeblichen Kunst Gold zu machen oder den Stein der Weisen zu finden Zeit und Vermögen opfern.

1. Zeitalter bis 300 nach Christus; Chemie des Alterthums.

Die älteste Geschichte eines Volks ist immer eine Geschichte der ersten Anfänge der Cultur. Wir sehen in der Entwickelung derselben die im Naturreich für den Gebrauch des Menschen niedergelegten Schätze allmählich in dessen Hände übergehen, und aus naheliegenden Gründen geschieht dies zunächst mit den am leichtesten zugänglichen und den Lebensbedürfnissen am unentbehrlichsten. Die Erzeugnisse des chemischen Processes gehören nun allerdings zu den mehr verborgenen Schätzen, an welchen selbst die neueste, mit chemischen Kenntnissen und Hülfsmitteln so reich ausgestattete Zeit noch manchen werthvollen Fund zu thun hofft. Um so weniger dürfen wir daher erwarten, bei den ältesten Völkern eine bedeutende Mannichfaltigkeit chemischer Producte in Gebrauch zu sehen.

Unstreitig erregte zuerst ein Zufall die Aufmerksamkeit auf eine und die andere chemische Erscheinung, deren Product einer Anwendbarkeit sich fähig zeigte, und führte eine absichtliche Wiederholung derselben herbei. Nicht jeder Zufall führt indessen zu einer Entdeckung. Wie viele Tausende von an sich werthvollen Beobachtungen sind nicht schon gemacht worden, ja werden noch fortwährend gemacht, ohne daß sich hieran irgend erhebliche Folgen knüpfen! Glücklich ist daher ein Zufall nur dann zu nennen, wenn er im Bereiche eines aufmerksamen, denkenden und regsamen Beobachters sich zuträgt, der denselben erfolgreich zu machen versteht. Wir

sehen daher Personen, die sich einer derartigen Entdeckung zu bemächtigen verstanden, im Alterthum mehrfach mit göttlichen Attributen oder Eingebungen in Verbindung gebracht, wie die Sagen des Prometheus, der das Feuer anzufachen vermochte, des Bachus, welcher die Gährung lehrte, des Hephästos, der die Metalle zu behandeln verstand, und andere bezeugen.

Die Erfindung des Glases, irrthümlich den Phöniziern zugeschrieben, soll dem zufälligen Umstande verdankt werden, daß, in Ermangelung von etwas Anderm, Stücke von Soda zur Unterlage eines Rostes bei Anlage eines Feuers im Freien gebracht wurden. Hier konnten allerdings die vorhandenen Bedingungen zur Bildung eines Glasflusses, nämlich Sand, Soda und Glühhitze, vorhanden sein. Ein noch einfacheres Experiment führte in späterer Zeit zur Entdeckung der Orseille, eines schönen, rothen Farbestoffs, der aus einer unscheinbaren Flechte gewonnen wird, welche die Felsen der Canarischen Inseln überzieht. Ein Reisender, venia sit verbo, pißte auf eine mit jener Flechte bedeckte Stelle und bemerkte, daß diese nach einiger Zeit eine schöne rothe Färbung angenommen hatte. Seitdem wird die Pflanze gesammelt und mit gefaultem Urin oder anderer ammoniakhaltiger Flüssigkeit zur Darstellung schön rother und violetter Farben benutzt. Auch in der neuern Zeit, in einer Periode reich an wissenschaftlichen Entdeckungen, hat sich der Zufall noch mehrmals überraschend hülfreich erwiesen, wie z. B. das Jod zuerst von einem Seifensieder beobachtet wurde, als derselbe in ganz anderer Absicht gewisse Salze mit Braunstein und Schwefelsäure der Destillation unterwarf.

Je reicher die Hülfsmittel, je verbreiteter die Kenntniß chemischer Operationen, desto weniger werden solche Ergebnisse des Zufalls verloren sein, und gerade das Fehlen dieser Bedingungen erklärt es, wie Reihen von Jahrhunderten selbst bei den cultivirtesten Völkern des Alterthums erforderlich waren, um nur die einfachsten chemisch-technischen Operationen in Uebung zu bringen.

Vor allem sind es die Aegypter, dieses merkwürdige, in Künsten und Wissenschaften so früh schon vorangeschrittene Volk, bei welchen die meiste chemische Production vorausgesetzt werden

darf, ja von welchen die Kenntniß chemischer Gewerbe und Handgriffe überhaupt ausgegangen ist und durch ihre Berührung mit andern Völkern auf diese ü ertragen wurde. Schon oben haben wir diesen Umstand mit der Ableitung des Namens der Chemie in Zusammenhang gebracht. Die Aegypter verstanden die Darstellung und Bearbeitung mehrerer Metalle und Metallgemische, sie wußten Salmiak, Soda, Kochsalz, Alaun und Glas zu bereiten, wie uns die nebenstehenden, alten ägyptischen Denkmalen entnommenen Abbildungen (Fig. 26—28) deutlich erkennen lassen — sie brannten

Fig. 26.

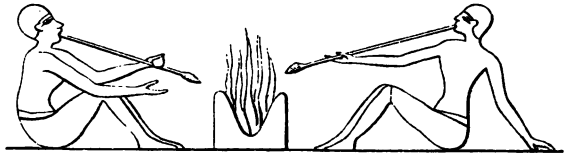
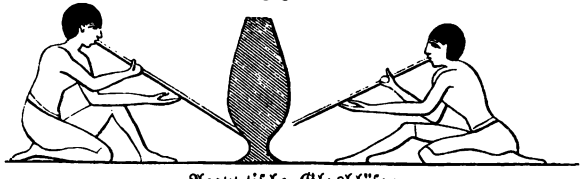
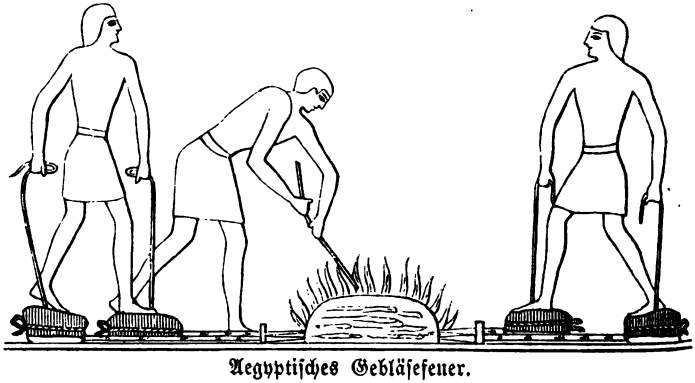


Fig. 27.



Aegyptische Glasbläser.

Fig. 28.



Aegyptisches Gebläsefeuer.

ferner Ziegel und verfertigten gemalte Töpferwaaren. Auch Grünspan und Beiweiß waren denselben bekannt, und es spricht für den hohen Werth, welchen sie den Künsten beilegten, daß ihre Geschichte anführt, welcher König zuerst die blaue Farbe durch Kunst nachzuahmen versucht habe. Als weitere chemische Producte finden wir bei den Aegyptern den Essig, das Bier, die Seife und verschiedene Arzneimittel, und außerdem besaßen sie die Kunst, Leichname vor Fäulniß zu bewahren und die Seide durch Beizen dauerhaft zu färben.

Nicht weniger Geschicklichkeit in chemischen Gewerben treffen wir bei einem andern Volke, das mit den Aegyptern den Charakter des Alters, der Abgeschlossenheit und des Geheimnißvollen theilt, nämlich bei den Chinesen. Allein sie bleiben dem Entwickelungsgange der übrigen Völker so gänzlich entrückt, daß ihre Kenntnisse auch für unsere Wissenschaft keine spätere Periode vorbereiten helfen.

Die Phönizier scheinen sich mehr durch einen ausgebreiteten Handel als durch eigene Kunstfertigkeit einen großen Ruf erworben zu haben. Die Israeliten verdanken viele ihrer technischen Fertigkeiten wol der längern Berührung mit den Aegyptern, und aus ihren Schriften geht hervor, daß ihnen Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei und Eisen bekannt waren, wie denn überhaupt die Gewinnung der Metalle überall den Anfang der Industrie macht.

Was wir gleichzeitig von den Griechen, z. B. aus Homer etwa 1000 vor Christus erfahren, zeigt uns diese an Kenntniß chemischer Thatsachen den Israeliten keineswegs voraus. Das Eisen, weit schwieriger darstellbar, war bei den erstern seltener und kostbarer, und ihre Waffen und Geräthe wurden aus Legirungen von Kupfer und Zinn verfertigt, von denen ersteres öfter gediegen vorkommt, und die beide aus ihren Erzen leichter in den metallischen Zustand übergeführt werden können als das Eisen.

Wir haben bereits die Gründe angegeben, warum der nach andern Richtungen so schön und so reich sich entwickelnde griechische Geist in Förderung chemisch werthvoller Thatsachen sich so

unergiebig bewies. Die vorzugsweise Geneigtheit, alles von einem gemeinschaftlichen Gesichtspunkte aus der Betrachtung zu unterwerfen, diese Methode des Generalisirens verhinderte die für die Gewinnung wissenschaftlicher Erfahrung so wichtige und nothwendige Verfolgung der wirklichen Erscheinungen und brachte die sogenannte empirische Methode geradezu in Misachtung.

Das große Römerreich, welches die vorgenannten Völker, China ausgenommen, allmählich in sich aufnahm und durch diesen Zuwachs erst selbst seine Bildung erhielt, war ein für die Entwickelung der auf so feinen Beobachtungen gegründeten chemischen Technik keineswegs günstiger Boden. Wir sehen in der That während seiner ganzen Dauer und selbst in den ersten Jahrhunderten nach seinem Verfall kaum nennenswerthe Thatsachen die schon den Aegyptern bekannten vermehren. Von der Destillation, einer Operation, die in späterer Zeit bei den Arbeiten der Chemiker eine so hervorragende Rolle spielte, findet sich nur die Andeutung einer unvollkommenen Ausführung. Man wußte nämtich das Queckfilber zu gewinnen, indem der natürlich vorkommende Zinnober mit Eisen vermengt in einem Gefäße erhitzt wurde, das mit einem Deckel verschlossen war, an welchem sich dann die Dämpfe des abgeschiedenen Queckfilbers verdichteten.

Aus allem seither Gesagten erhellt von selbst, daß in dem ganzen geschilderten Zeitraume durchaus von keinem Zusammenhang chemischer Arbeiten, noch weniger von einem hierauf gegründeten Zweck und am wenigsten von einer den chemischen Erscheinungen zu Grunde gelegten Idee die Rede sein kann. Von letzterer findet sich nicht einmal eine Ahnung. Dies ist um so auffallender, als zuerst durch die speculative Philosophie der Griechen eine Frage aufgeworfen und vielfach zum Gegenstande metaphysischer Betrachtungen gemacht wurde, die noch bis in die neueste Zeit ein Hauptgegenstand der Chemie geblieben ist, welche dieselbe nur auf experimentalem Wege lösen zu können glaubt. Es ist dies die Frage nach den Elementen oder nach den Urbestandtheilen aller Dinge.

Unterwerfen wir die in dieser Beziehung von den griechischen

Philosophen ausgesprochenen Ansichten, die uns durch ihre Schriften am vollständigsten überliefert worden sind, einer nähern Prüfung, so ergibt sich, daß der Ausdruck Element damals nicht in demselben Sinne gebraucht wurde, wie es gegenwärtig der Fall ist. Einige derselben verstanden unter Element die allgemeine Bedingung, aus welcher die ganze Reihenfolge der Körperwelt hervorgegangen sei; und in diesem Sinne ist es zu nehmen, wenn schon 600 vor Christus Thales das Wasser, sodann Anaximenes die Luft, später Heraklit das Feuer als das Ursprüngliche bezeichnen, aus welchem alles hervorgegangen. Die Wahrnehmung, daß Luft, Wasser und Wärme die nothwendigen Bedingungen zur Entwickelung des pflanzlichen und thierischen Lebens sind, ist es wol, die zu solchen Verallgemeinerungen geführt hat. In ähnlichem Sinne gebrauchen wir ja noch jetzt den Ausdruck, es sei das Wasser das Element der Fische, die Luft der Vögel.

Andere dagegen und vorzüglich Aristoteles verstehen unter Elementen verschiedene Urzustände oder Grundeigenschaften, aus deren Vorhandensein und Mischung die verschiedenen Eigenschaften und Zustände der Körperwelt hervorgehen. Denn die Materie selbst hält Aristoteles für durchgehends gleichartig und schreibt ihre äußere Verschiedenheit sowol dem Einflusse seiner Elemente als auch der verschiedenen Form ihrer kleinsten Theile zu. Feuer, Wasser, Luft und Erde sind nun die bekannten vier Aristotelischen Elemente, die man zuerst bei dem ionischen Philosophen Empedokles als solche bezeichnet findet, und zwar begreift hiernach das Feuer in sich die Vorstellungen von Hitze und Trockenheit, die Luft von Wärme und Feuchtigkeit, das Wasser von Feuchtigkeit und Kälte, die Erde von Trockenheit und Kälte. Daher sind fühlbare Eigenschaften der Dinge, wie heiß, kalt, trocken, feucht, schwer, leicht, hart, weich u. s. w. abhängig von dem alleinigen oder vermischten Auftreten jener Grundeigenschaften.

Zu bemerken ist übrigens, daß Aristoteles noch von einem weitern, feinern, ätherischen Elemente spricht, welches vielleicht das Geistige repräsentiren soll, und dieses fünfte Element, essentia quinta, wurde später Gegenstand eifriger chemischer Untersuchungen,

und noch jetzt ist der Ausdruck Quintessenz gebräuchlich, um damit den sublimsten Gehalt von etwas zu bezeichnen.

Wenn nun aus dem Gesagten hervorgeht, daß zwischen den Elementen der Alten und den chemischen Elementen der Gegenwart kein Zusammenhang besteht, so war doch eine nähere Betrachtung jener frühern Ansichten werthvoll, da namentlich die Vorstellung des Aristoteles noch lange einen wesentlichen Einfluß auf die chemischen Forschungen und Lehren der nachfolgenden Jahrhunderte ausübte und im gewöhnlichen Leben noch jetzt einen gewissen Gebrauch hat.

2. Zeitalter der Alchemie.

Während die wenigen chemischen Thatsachen der vorhergehenden Periode keineswegs in besondern Schriften niedergelegt erscheinen, und selbst die Werke des Plinius und Dioskorides, die reich an schätzbaren Mittheilungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften sind, in dieser Beziehung uns keine Belehrung verschaffen, so rechnen wir den Beginn eines neuen Abschnitts der Entwickelungsgeschichte der Chemie von dem Zeitpunkte an, wo zuerst Schriften sich finden, welche den chemischen Operationen ausschließlich gewidmet sind. Solche Schriften, deren Entstehung mit hinreichender Sicherheit dem vierten und fünften Jahrhundert nach Christus angehörend erscheint und die sämmtlich in griechischer Sprache geschrieben sind, mögen ihren Ursprung direct oder indirect von der berühmten Hochschule zu Alexandrien ableiten, die, von Ptolemäus I. gestiftet, ein Mittelpunkt wissenschaftlicher Thätigkeit war, welche sich hier lange erhielt und von wo aus dieselbe sich später nach Byzanz mittheilte.

In jenen ältesten Schriften ist bereits von der Verwandlung die Rede und zwar nicht als von einer neuen, eben erst entdeckten Sache, sondern in einer Weise, die annehmen läßt, daß die Bemühungen des Goldmachens schon mehrere Jahrhunderte älter sind und daß wahrscheinlich die frühere mysteriöse Abgeschlossenheit der ägyptischen Gelehrten Mittheilungen darüber verhinderte.

Auf diese ersten Nachrichten, die spärlich an sich, noch durch Unverständlichkeit und Dunkelheit des Ausdrucks beeinträchtigt werden, folgt eine Periode der Ungewißheit, bis endlich im neunten Jahrhundert durch ein neu auftretendes Volk eine reichere Literatur als Quelle erscheint, die von da an, wenn öfter auch getrübt, doch niemals wieder versiecht.

Die Araber sind es, die nach der Zerstörung des römischen Reichs, unter mächtigen und gelehrten Khalifen, auf den Trümmern altägyptischer und griechischer Bildung die Wissenschaften neu aufrichteten und lange Zeit hindurch fast ausschließlich in Obhut und Pflege nahmen. Durch die Herrschaft derselben in Spanien theilten sich später ihre Kenntnisse den Völkern des Abendlandes mit. Von dem neunten Jahrhundert an haben wir nun eine ganze Reihe Schriften alchemistischen Inhalts, aus welchen hervorgeht, daß die Araber aufs eifrigste mit solchen chemischen Operationen beschäftigt waren, deren Zweck die Verwandlung gemeiner Metalle in edle ist. Es entstand daher vielfach die Meinung, daß die Chemie, die von nun an mit dem arabischen Artikel versehen als Alchemie auftritt, überhaupt arabischen Ursprungs wäre. Allein Wissenschaftlichkeit war keineswegs der ursprüngliche Charakter dieses Volks, das vielmehr in seinem ersten Auftreten durch religiösen Fanatismus und blinden Fatalismus sich auszeichnet und Kunst und Wissenschaft viel mehr vernichtet als begründet. Erst nach der Befestigung seiner Herrschaft nahm es aus dem unterworfenen Gebiete die Elemente seiner Bildung auf, die es dann zu einer erstaunenswerthen Blüte entfaltete, zu einer Zeit, wo ganz Europa, von Zügen roher Völker überflutet, der Gefahr einer Vernichtung aller Cultur ausgesetzt war. Damals war es, daß zu den durch die Araber gegründeten Hochschulen Spaniens, nach Cordowa u. s. w., Lernbegierige aus allen Ländern Europas zogen, um neben den mathematischen und astronomischen Wissenschaften insbesondere die medicinischen und alchemistischen kennen zu lernen. Vor allen ist Geber als der erste und bedeutendste der arabischen Alchemisten hervorzuheben, dessen Schriften noch bis ins sechzehnte Jahrhundert als Hauptquellen des chemischen Studiums angesehen werden.

In Deutschland und den übrigen Ländern Europas treten erst von der Zeit des Verfalls der arabischen Herrschaft, vom dreizehnten Jahrhundert an, bedeutendere Alchemisten auf, worunter namentlich Albertus Magnus, Roger Baco, Arnoldus Villanovus, Raymundus Lullus und am Schlusse dieser Periode Basilius Valentinus zu erwähnen sind.

Im allgemeinen herrscht in den zahlreichen Schriften der Araber sowol als ihrer Nachfolger ein dunkler und unverständlicher Styl. Vieles wird bildlich bezeichnet und für manche Ausdrücke, die häufig gebraucht werden, ist es schwer oder selbst unmöglich, die richtige Bedeutung herauszufinden. So z. B. werden nach einer damals herrschenden Ansicht die Metalle zusammengesetzt gedacht aus Quecksilber und Schwefel, ohne daß jedoch unter diesen Namen genau die Stoffe zu verstehen sind, die wir jetzt damit bezeichnen. Quecksilber war gewissermaßen der Repräsentant des Glanzes, der Dehnbarkeit und der Unveränderlichkeit; der Schwefel dagegen der Zersetzbarkeit und Veränderlichkeit der Metalle. Auch der Umstand, daß viele der spätern Alchemisten dem klösterlichen Stande angehörten und Grund hatten, eine Verfolgung zu fürchten, trug dazu bei, daß die Beschreibung der chemischen Operation oft in eine mystische Sprache eingekleidet wurde; und nicht gering ist die Mühe derjenigen gewesen, die es versucht haben, aus dieser Spreu den spärlichen Weizen zu sondern.

Wenn nun auch das den Arbeiten dieses Zeitraums vorschwebende Ziel der Golderzeugung keineswegs erreicht worden ist, so haben doch die zahlreichen in dieser Richtung unternommenen Versuche eine Menge äußerst schätzbarer Thatsachen zu Tage gefördert, was uns klar wird, wenn wir die am Schlusse desselben bekannten chemischen Producte überblicken. So finden wir schon bei Geber die Bekanntschaft mit Schwefelmilch und Schwefelmetallen, Soda, Pottasche und ätzenden Alkalien, mit Schwefelsäure, Salpetersäure, Königswasser und Essigsäure. Er beschreibt deutlich den Alaun, Salpeter, Salmiak und Vitriol, und außer verschiedenen Quecksilberpräparaten war ihm der Silbersalpeter und die Auflösung des Goldes bekannt.

Die Deſtillation und Sublimation waren ihm geläufige, vielfach angewendete Operationen. Die Kenntniſſe in dieſer Richtung werden durch die Nachfolger vervollkommnet und durch Entdeckung des Weingeiſtes, Weinſteins, Ammoniaks, Arſeniks und verſchiedener Antimonpräparate vermehrt.

Vergleichen wir daher dieſen Zeitraum mit dem vorhergehenden, ſo ergibt ſich am Schluſſe deſſelben ein weſentlicher Fortſchritt zu Gunſten des chemiſchen Wiſſens. Die chemiſchen Thatſachen erſcheinen beträchtlich vermehrt, ſie ſind in zahlreichen Schriften niedergelegt und es iſt ſchon gewiſſermaßen ein Stand vorhanden, der die Chemie pflegt und mit den eingebildeten doch auch die wahren Schätze den Nachfolgern überliefert.

3. Zeitalter der mediciniſchen Chemie.

Schon in den Schriften der frühern Periode iſt vielfach die Rede von dem Steine der Weiſen, der zwei Tugenden beſitzen ſoll, nämlich die, alle Metalle in Gold zu verwandeln, ſowie alle Krankheiten zu heilen. Die Auffindung oder Darſtellung deſſelben war das Ziel der alchemiſtiſchen Arbeiten. Auch iſt mehrfach davon die Rede, ein flüſſiges Gold, aurum potabile, darzuſtellen, welchem wunderbare Heilkräfte zugeſchrieben wurden. Es ſcheint jedoch hierfür kein anderer Grund vorhanden geweſen zu ſein als die Meinung, daß eine ſo koſtbare Subſtanz auch ausgezeichnet in ihrer Wirkung ſich erweiſen müſſe; wie denn auch andere werthvolle Stoffe, Perlen und Edelſteine, als wunderkräftige Medicinen verabreicht worden ſind.

Wie mancher Alchemiſt nun auch ſich rühmte, jene Wunder bewirken zu können, ſo konnte doch die Erfolgloſigkeit ſolcher Bemühungen auf die Dauer nicht verborgen bleiben, zumal da es ſich mehrfach herausſtellte, daß geheimnißvolle Goldmacher im Grunde nur Betrüger waren. Die Beſchäftigung mit Alchemie verfiel ſomit in Misachtung und Verfolgung. Dieſelbe erhielt ſich allerdings noch in der ganzen folgenden Periode; allein ſie nimmt jetzt einen untergeordneten Rang ein.

Wir beginnen diese dritte Periode von der Zeit an, wo Aerzte anfingen, sich mit chemischen Arbeiten zu befassen, wo also die Chemie aus den Händen obscurer Laboranten in die von Männern überging, welche dem Stande der Gelehrten angehörten und einen für die damalige Zeit hoch anzuschlagenden Grad von wissenschaftlicher Bildung besaßen. Die Aerzte hatten bis dahin den Organismus und die Krankheiten ganz in dem Sinne aufgefaßt, der seit Aristoteles in Aufnahme gekommen war und namentlich die Krankheiten nach der Methode des Galenus, mit einfachen Mitteln, die keine chemische Zubereitung erforderten, behandelt.

Paracelsus, im Anfange des sechzehnten Jahrhunderts auftretend, durch mehrere Beobachtungen über die energischen Wirkungen chemischer Präparate, namentlich der Metalle, auf den Organismus geleitet, begann nun mit einer herausfordernden Entschiedenheit das alte System der Heilmethode des Galenus zu verwerfen und eine ganz chemische Theorie über den Organismus und seine Functionen aufzustellen. Er stellt Schwefel, Salz und Quecksilber als die Elemente der organischen Gebilde auf, freilich mehr in dem Sinne, daß er diese Stoffe als Repräsentanten gewisser Qualitäten annimmt, ähnlich wie die Alchemisten sich die Metalle aus Quecksilber und Schwefel bestehend dachten, ohne daß hierunter die jetzigen einfachen Stoffe zu verstehen sind.

Sind nun nach Paracelsus die erwähnten Stoffe in richtiger Art und Weise vorhanden, so sind die Organe in gesundem Zustande, während das Vorwalten des einen oder andern dieser Bestandtheile Krankheiten erzeugt. Die Heilung besteht darin, das richtige Verhältniß durch Zufügung oder Ableitung wiederherzustellen. Die verschiedenen Verrichtungen und Erscheinungen am gesunden und kranken Körper wurden von Paracelsus und seinen Nachfolgern ganz mit chemischen Processen verglichen oder identificirt, wie z. B. die Verdauung mit der Gährung, und der Körper überhaupt als ein Gefäß betrachtet, in welchem Destillation und Sublimation, Niederschläge und Krystallisation fortwährend sich thätig und einflußreich erweisen.

Auch war Paracelsus der erste, der als öffentlicher Leh-

der Chemie und zwar in deutſcher Sprache auftrat, und der Erfolg, den er in einzelnen Heilungen hatte, die Kenntniſſe, die er in vielem bewährte, aber auch die Dreiſtigkeit, mit welcher er die alte mediciniſche Schule angriff und ſein chemiſches Syſtem aufſtellte: alles dies eignete ſich in hohem Grade, um Epoche zu machen. Der Einfluß dieſes Mannes auf den Fortſchritt der Chemie war um ſo größer, indem er eine Menge von Gegnern zur Thätigkeit aufreizte und den gebildeten Stand der Aerzte der Beſchäftigung mit der Chemie zuwendete. Die vermehrte Anwendung chemiſch zubereiteter Arzneimittel endlich machte allmählich die Apotheker, die ſeither faſt nur als Arznei- und Wurzelkrämer zu betrachten ſind, zu einem der Chemie befliſſenen Stande, der alsbald ihrem Fortſchritte ſich ſehr förderlich erwies.

Dieſer Uebergang der Chemie in gebildete Hände läßt ſich zugleich in den chemiſchen Schriften bemerken. Wenn auch in denen des Begründers dieſer Periode noch erſtaunlich viel Wuſt und Bombaſt ſich vorfindet — ſein vollſtändiger Name war Philippus Aureolus Theophraſtus Paracelſus Bombaſtus ab Hohenheim —, ſo ſind doch die meiſten Werke ſeiner Nachfolger in verſtändlicher Weiſe geſchrieben, und namentlich zeichnen ſich die des verdienſtvollen Metallurgen Agricola aus Meißen (geb. 1494) durch Klarheit und Gediegenheit aus.

Es würde vom Zweck dieſer Darſtellung zu weit entfernen, wollten wir alle in dieſem bis zur Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts ſich erſtreckenden Zeitraum bemerkenswerthen Namen und daran zu knüpfenden Leiſtungen im einzelnen aufführen. Im allgemeinen ſei daher nur geſagt, daß es vorzugsweiſe Deutſche waren, die in dieſer Periode das chemiſche Wiſſen förderten, indem die pariſer Akademie durch ſtrenge Verbote der chemiſchen Arzneimittel die Betheiligung der franzöſiſchen Mediciner in dem Streite über die Richtung des Paracelſus verhinderte — ein Beiſpiel, wie ſelbſt gelehrte Körperſchaften ein Hemmniß des Fortſchritts werden können, was in Frankreich ſpäter auch auf andern Gebieten der Wiſſenſchaft ſich wiederholt hat.

Die Methode der Darſtellung chemiſcher Präparate erſcheint

nun bei weitem zweckmäßiger, sicherer und von weitschweifigen und unnützen Zuthaten befreit. Mehrfach findet sich schon ein analytisches Verfahren, welches ziemlich genaue Scheidungen vollbringt, namentlich in den Hüttenprocessen durch Agricola eingeführt. Die starken Säuren wurden reiner dargestellt und vermittelst dieser dann leichter die schwächern erhalten, sowie in den Rückständen werthvolle Salze, worunter das von Glauber entdeckte Wundersalz oder Sal mirabile einen hohen Rang einnimmt. Diesem fleißigen Chemiker werden viele vortreffliche Beobachtungen verdankt, und über manche chemische Zersetzungen hatte er Vorstellungen, die unserer jetzigen Ueberzeugung ganz entsprechend waren. Es begann überhaupt in dieser Zeit ein wichtiger Uebergang in der Ansicht über chemische Processe sich vorzubereiten und theilweise schon festzustellen. Wenn seither durch das Einwirken verschiedener Körper aufeinander ein neuer Körper zum Vorschein kam, so glaubte man dies als eine Verwandlung der ursprünglichen Stoffe in das Product erklären zu müssen. Ein auffallendes Beispiel hierfür bietet die sogenannte Verwandlung des Eisens in Kupfer dar. Wird nämlich ein blankes Stück Eisen in eine Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd gelegt, so erscheint es alsbald mit einer rothen Schicht von metallischem Kupfer überzogen und nach längerer Zeit ist das Eisen gänzlich verschwunden und an seiner Stelle eine entsprechende Kupfermasse vorhanden. Während, wie gesagt, diese Erscheinung früher als ein ebenso einfacher wie schlagender Beweis der Metallverwandlung angesehen wurde, zeigten nun genauere Versuche, daß das Kupfer in diesem Falle keineswegs erzeugt werde, sondern bereits in der angewendeten Flüssigkeit aufgelöst vorhanden gewesen sei. Daher wurde denn mit Recht weiter geschlossen, daß Stoffe, nachdem sie chemisch miteinander verbunden sind, nicht aufhören zu existiren, sondern veranlaßt werden können, mit ihren ursprünglichen Eigenschaften wieder hervorzutreten.

Auch der Ausdruck Verwandtschaft, oder vielmehr Affinität, findet sich, wiewol nicht in dem ihm jetzt untergelegten Sinne, während bei Glauber eine merkwürdige Stelle vorkommt, aus der

erhellt, daß, ohne des Ausdrucks der Verwandtſchaft ſich zu bedienen, er dennoch eine Vorſtellung von gewiſſen Zerſetzungen hatte, die der jetzt üblichen ganz angemeſſen iſt. Er wußte z. B., daß das Ammoniak (Sal volatile genannt) aus ſeiner Verbindung mit Salzſäure, dem Salmiak, durch ſtärkere Baſen, wie Kali, Kalk und Zinkoxyd, in der Hitze ausgetrieben werde, und es beruhe dies darauf, ſagt Glauber: „weilen der Galmei (Zinkoxyd) wie auch Kali und Kalk ſolcher Natur iſt, daß er große Gemeinſchaft mit allen Acidis (Säuren) hat, dieſelben ſehr liebt und auch von ihnen geliebt wird; alſo henket ſich das Sal acidum (die Salzſäure) in der Wärme an denſelben, verbindet ſich damit, dadurch das Sal volatile (das Ammoniak) ledig gemacht und zu einem ſubtilen Spiritu (Salmiakgeiſt) deſtillirt wird."

Van Helmont (geb. 1577 in Brüſſel), vorzüglich in den Niederlanden in großem Anſehen ſtehend, iſt noch als einer der Ausgezeichnetſten dieſer Periode zu nennen. In mediciniſcher Beziehung legt er beſonders auf die ſaure oder alkaliſche Beſchaffenheit der Säfte und Secrete des Körpers einen großen Werth. Krankheiten rühren nach ihm hauptſächlich von Ueberſchuß an Säure oder Alkali her, und er verordnet alsdann die entgegengeſetzten Mittel. In chemiſcher Beziehung ſucht er den wichtigen und richtigen Grundſatz durchzuführen, daß ein Stoff in alle möglichen Verbindungen eingehen kann, ohne damit ſeine eigenthümliche Natur zu verlieren, da er aus dieſen mit allen ſeinen frühern Eigenſchaften wieder abgeſchieden werden könne. Sodann unterſchied er genauer als bisher die verſchiedenen Luftarten und bezeichnet ſie als Gaſe, um ihre Verwechſelung mit gewöhnlicher Luft zu vermeiden.

Auch ſtellte van Helmont einen intereſſanten phyſiologiſchen Verſuch an, indem er einen Weidenzweig, der fünf Pfund wog, in einen Topf mit Erde ſetzte, deren Gewicht, nachdem ſie ſcharf getrocknet war, genau 200 Pfund betrug. Der Topf wurde mit einem Deckel möglichſt vor Staub geſchützt und täglich mit Regenwaſſer begoſſen. Nach fünf Jahren wurde der Verſuch beendigt; es fand ſich, daß die Weide 164 Pfund an Gewicht zugenommen

hatte, obgleich die Erde des Topfes, wieder getrocknet, fast genau das ursprüngliche Gewicht hatte, indem sie nur einen Verlust von zwei Unzen zeigte. Ein Versuch, aus welchem van Helmont schließt, daß das Wasser ein Element aller Vegetabilien sei, was in Hinsicht auf die elementaren Bestandtheile auch die neuere Analyse bestätigt. Bei Gelegenheit der Betrachtung des Einflusses der Chemie auf die Pflanzenphysiologie werden wir nochmals auf den eben beschriebenen Versuch zurückkommen.

Neben so manchen guten Beobachtungen und daraus gefolgerten richtigen Schlüssen fehlt es doch dieser Periode auch keineswegs an Uebertreibungen und vielfacher Neigung, sich einem Glauben an das Wunderbare hinzugeben, wie es mit besonnener Naturforschung sich nicht verträgt. Als ein Beispiel von Sonderbarkeiten der Art ist es nach van Helmont's Meinung eine ausgemachte Sache, daß sich in einem Gefäße, darin man ein schmutziges Hemd mit Weizenmehl zusammengebracht hat, aus diesen beiden Dingen Mäuse erzeugen!

Es gewährt ein ganz besonderes Interesse, diese Epoche der Vergangenheit, in welcher die Chemie den Lebensproceß und die Heilung als nur und gänzlich von ihr abhängig und bedingt darstellt, einer ausführlichen Betrachtung zu unterwerfen, da in der Gegenwart es vorzugsweise dieselben Fragen sind, in welchen die Chemie ein bedeutungsvolles Wort mitredet, und da man von ihr allein in gewissen Theilen dieses Gebiets eine befriedigende Antwort erwarten darf.

4. Zeitalter der phlogistischen Theorie.

Es ist früher gezeigt worden, daß mehrere Tausende von Jahren vorübergehen mußten, um eine hinreichende Menge von chemischen Thatsachen mehr oder weniger zufällig festzustellen, bis endlich einzelne, dieses chemische Wissen oder Können in sich vereinigend, dasselbe zu dem bestimmten Zweck des Goldmachens in Ausübung brachten und somit das Zeitalter der Alchemie begründeten. Wir haben bemerkt, daß diese an sich erfolglosen Bemühungen doch den

ungemein wichtigen Dienst leisteten, zerstreute chemische Kenntnisse zusammenzufassen, zu erhalten und weiter zu überliefern. Allein es erforderte einen Zeitraum von abermals etwa tausend Jahren, um die Chemie aus den Händen der Alchemisten in die des gebildeten und angesehenen Standes der Aerzte übergehen zu lassen. Von dieser Zeit an sehen wir dann die Chemie in einem raschern Tempo ihrem jetzigen wissenschaftlichen Standpunkte entgegengehen. Sie vollbringt diesen Uebergang in zwei bis drei glücklichen Schritten, von welchen als erster die eben betrachtete Epoche der medicinischen Chemie etwa ein Jahrhundert erfüllt, und an welche das Zeitalter der phlogistischen Theorie von ziemlich gleicher Dauer, nämlich von 1625 bis gegen 1775, sich anreiht.

Indem wir in diese neue Periode eintreten, ist vor allem darauf hinzuweisen, wie die Entwickelung wissenschaftlicher Thätigkeit auch auf andern Gebieten sich zeigte, wodurch die chemischen Arbeiten und namentlich die geistige Richtung ihrer Pfleger mittelbar und unmittelbar wesentlich fördernder Einflüsse sich zu erfreuen hatten. Bedenken wir, daß der Eingang des vorliegenden Zeitalters mit den Todesjahren von Kepler, Galilei und Torricelli (1630—47) zusammenfällt. Die scharfsinnigen Arbeiten dieser unsterblichen Astronomen und Physiker mußten im allgemeinen auf eine strengere und genauere Forschung in der Natur hinweisen. Ganz vorzüglich aber forderten hierzu auf die Schriften des gelehrten Großkanzlers von England, Francis Bacon von Verulam (gest. 1626), der schon damals die Beobachtung und den Versuch als diejenige Methode bezeichnete, die allein in den Erfahrungswissenschaften zu einem Erfolg, zu einer sichern Grundlage wissenschaftlicher Erkenntniß führen kann. Erst von dieser ausgehend, darf zur Generalisirung, zur Aufstellung von Gesetzen und Theorien geschritten werden. Bacon bildete hierdurch einen entschiedenen Gegensatz zur speculativen Methode der alten Philosophen, die, stets in allgemeinen Philosophemen sich bewegend, niemals auf den wahren Grund der Erscheinungen gelangten.

Freilich waren Länder und Personen damals nicht so leicht in in Verkehr und Verbindung zu bringen wie heutzutage, und es

erklärt sich hieraus, wie einzelne hervorragende Geister doch nicht die allgemeine Bewegung hervorrufen konnten, die von ihrer Bedeutung sich hätte erwarten lassen, und welche oft in späterer Zeit erst ihre volle Würdigung erfahren hat. Allein auch diesem Uebelstande der Isolirung wurde allmählich abgeholfen. Nachdem dies schon einestheils durch die Erfindung der Buchdruckerkunst geschehen war, erhoben sich allmählich gelehrte Körperschaften, die namentlich dadurch ungemein wichtige Dienste für alle Wissenschaften leisteten, daß sie die Arbeiten der Forscher damaliger Zeit in regelmäßig erscheinenden Schriften der Oeffentlichkeit übergaben. So finden wir in Florenz im Jahre 1657 die Academia del Cimento (Akademie der Experimente), die Königliche Gesellschaft (Royal society) in London, 1662, deren Denkschriften unter dem Titel „Philosophische Abhandlungen" (Philosophical transactions) herausgegeben wurden. Es folgte 1672 unter Kaiser Leopold die Academia Caesareo-Leopoldina. Im Jahre 1699 beginnen die „Mémoires de l'Aacadémie des sciences" der unter Ludwig XIV. von Colbert gestifteten pariser Akademie. Im Jahre 1700 wurde die berliner Akademie auf Veranlassung von Leibniz, 1725 die von Petersburg, 1728 die von Upsala und endlich 1742 die Akademie von Kopenhagen gegründet.

Auch in dem vorliegenden Zeitraume sind es wieder vorzugsweise ausgezeichnete Aerzte, welche dem Studium der Chemie sich widmen, obschon es namentlich in der spätern Hälfte desselben vorkommt, daß auch Physiker, Geistliche, Bergmänner, Privatgelehrte und Apotheker sich höchst erfolgreich mit dieser Wissenschaft befassen. Hieraus geht denn schon hervor, daß bei der jetzt vorangeschrittenen Bildung Personen so verschiedenen Standes nicht mehr wie früher alchemistische Absichten verfolgen konnten, sondern daß bereits ein wissenschaftlicher Zweck es ist, der den chemischen Erscheinungen in den Augen so vieler ein lebendiges Interesse verleiht. Die Goldmacherei erscheint gänzlich in den Hintergrund gedrängt, von der bessern Einsicht widerlegt und in ihren betrügerischen Richtungen entlarvt.

Die Mediciner nehmen zur Chemie einen andern Standpunkt

ein als den der frühern Periode. Sie haben sich überzeugt, daß die Lebensprocesse doch etwas Anderes sind als bloße Sättigungen von Laugen und Säuren, daß der Organismus nicht ohne weiteres als ein Laboratorium zu betrachten ist. Sie sind jedoch weit entfernt, die wichtigen Leistungen der Chemie für das Gebiet der Heilkunde zu verkennen, sie schätzen und betreiben dieselbe als eine den Zwecken der Medicin unentbehrliche Hülfswissenschaft.

Was nun diesem Zeitalter seinen eigenen Charakter verleiht, ist das allmähliche Hervortreten einer chemischen Theorie, des ersten Versuchs, eine große Reihe von untereinander zum Theil sehr verschiedenen Thatsachen unter einen allgemeinen Gesichtspunkt zu bringen, für alle die gemeinsame Ursache aufzufinden und festzustellen. Wir bemerkten zwar auch schon früher Spuren von theoretischen Ansichten, wie z. B. über die Zusammensetzung der Metalle. Allein dieselben bleiben auf einen zu kleinen Kreis beschränkt, sie erscheinen zu wenig durch Versuche unterstützt und durch wissenschaftlich gebildete Männer behauptet, als daß sie Anspruch auf große Bedeutung haben könnten. Es bedurfte natürlicherweise erst eines gewissen Reichthums von Thatsachen, um das Bedürfniß nach allgemeinen Gesetzen zu wecken und zu befriedigen.

Der Gegenstand, welcher nun vorzugsweise die Aufmerksamkeit der Chemiker beschäftigte und über welchen sie nach Aufschluß und Erklärung begierig sein mußten, war die Einwirkung der Wärme auf die verschiedenen Stoffe. Das Feuer war von jeher als eins der kosmischen bildenden Elemente angesehen worden; die chemischen Arbeiten der damaligen Zeiten wurden vorzugsweise durch Feuersmacht bewirkt. So erscheint es auch erklärlich, wie die theoretische Ansicht über die Verbrennung die erste auftauchende Idee aus dem Chaos der Thatsachen ist, und wie diese Frage es war, um welche als Angelpunkt der wissenschaftliche Streit von nahezu zwei Jahrhunderten sich drehte.

Man unterschied damals nach ihrem Verhalten gegen Feuer drei Hauptklassen von Körpern, nämlich: unverbrennliche, die von demselben keine Veränderung erleiden, wie z. B. die Erden; so-

dann die Metalle, welche unter dem Einflusse hoher Wärmegrade in erdartige Materien, damals Metallkalke (jetzt Metalloxyde) genannt, sich verwandeln, wie Blei, Eisen, Kupfer, Zinn, Zink; und endlich die brennbaren Stoffe, welche durch Feuer gänzlich zerstört werden, wie die Pflanzenstoffe, besonders die Kohle, sodann den Schwefel, Arsenik und den damals neu entdeckten Phosphor. Ferner ward noch in den Kreis der speculativen Forschung die einflußreiche Thatsache gezogen, daß Metallkalke, wenn sie mit Kohle erhitzt werden, wieder in den metallischen Zustand übergehen, daß hier also ein dem Verbrennen entgegengesetzter Proceß stattfinden müsse. Und für diese Reihe von mannichfaltigen, in ihrem Auftreten sehr verschiedenen Thatsachen wurde nun versucht, einen allgemeinen Zusammenhang, gleichsam eine höhere Thatsache aufzufinden, deren Vorhandensein oder Abwesenheit in den verschiedenen chemischen Processen eben den Verlauf und die Erscheinungen derselben bedinge.

Es wäre leicht, gegenwärtig eine Anzahl gebildeter und denkender Männer aufzufinden, die jedoch von Chemie und namentlich von der jetzt geltenden Theorie so gut wie keinen Begriff haben, die also von vornherein keine theoretischen Vorurtheile an sich tragen. Es wäre auch nicht allzu schwierig, dieselben mit allen Thatsachen bekannt zu machen, welche dem Chemiker in der eben besprochenen Periode zu Gebote standen, und es könnte an diese nun die Aufgabe gestellt werden, eine erklärende Theorie zu suchen, ganz ähnlich wie wir häufig durch Auflösung von geometrischen und arithmetischen Problemen die Combinationsgabe der Schüler prüfen und üben.

Sehr zweifelhaft ist es jedoch, daß unter diesen Umständen alsbald eine Ansicht aufgestellt werde, welche so viel Wahrscheinlichkeit, so viel den Thatsachen Entsprechendes und der Erklärung Genügendes für sich habe, als dies mit der Theorie jenes Zeitalters der Fall war.

Zwei ausgezeichnete Aerzte, Becher und vornehmlich Stahl, sind es, von welchen die phlogistische Theorie ausging und gründet wurde, deren Hauptgrundzüge in folgendem bestehen:

Es existirt ein brennbarer Stoff, Phlogiston genannt, der in größerer oder geringerer Menge in den meisten Körpern enthalten ist, ihnen gewisse Eigenschaften verleiht und durch Hitze aus denselben entfernt werden kann, infolge dessen die Körper jene Eigenschaften verlieren. Setzt man jedoch den ihres Phlogistons beraubten, daher dephlogistisirten Stoffen eine an Phlogiston reiche Materie hinzu, so nehmen diese letzteres wieder auf und erhalten ihre ursprünglichen Eigenschaften zurück. Die brennbaren Körper, wie Schwefel, Phosphor und insbesondere Kohle, bestehen fast ganz aus Phlogiston. Werden sie erhitzt, so verbrennen sie und die Flamme ist das entweichende Phlogiston. Die Metalle enthalten eine geringe Menge von Phlogiston, das ihnen jedoch Glanz, Härte, Dehnbarkeit, überhaupt die metallischen Eigenschaften verleiht; werden sie erhitzt, so entweicht das Phlogiston: sie sind jetzt unmetallische, dephlogistisirte Stoffe, sogenannte Metallkalke. Werden diese mit Kohle, diesem phlogistonreichen Körper, zusammen erhitzt, so nehmen sie wieder die erforderliche Menge von Phlogiston auf und erscheinen in ihrem metallischen Zustande. Endlich sind alle Erden unverbrennliche einfache Stoffe, welche gar kein Phlogiston enthalten.

Dies sind die Grundzüge des phlogistischen Systems, mit dessen Begründung die alte aristotelische Elementarlehre von Feuer, Wasser, Luft und Erde beseitigt erscheint, denn man versteht von nun an unter Element, wie auch heutzutage, einen unzerlegbaren Körper. Die Erden, die Metallkalke, die Säuren waren solche Elemente; die Metalle, Kohle, Schwefel und Phosphor waren Verbindungen derselben mit Phlogiston.

Allgemein war die Befriedigung über diese Erklärungsweise, wodurch die verschiedensten Thatsachen in folgerichtigem Zusammenhange erschienen. Von Deutschland aus verbreitete sich die Ansicht bald über die übrigen Länder und wurde die herrschende Ansicht und leitende Idee bei allen in diesem Zeitraume unternommenen chemischen Arbeiten. Die unhaltbaren Seiten dieser phlogistischen Theorie, die bei dem jetzigen Stande der Kenntnisse dem ersten Anfänger leicht in die Augen springen, erschienen damals keines-

wegs so auf der flachen Hand liegend. Man konnte zwar das Phlogiston für sich nicht vorzeigen; allein man hatte Körper, wie Kohle, die doch fast reines Phlogiston waren. Außerdem war der für uns gewichtigste Umstand, daß die Metalle, welche beim Erhitzen ihren Gehalt an Phlogiston verlieren, dabei an Gewicht zunehmen, während umgekehrt, wenn ihnen durch Kohle wieder Phlogiston mitgetheilt wird, dieselben leichter erscheinen: — diese wichtige Thatsache war damals theils unbekannt, theils unbeachtet.

Während wir die Stetigkeit des Gewichts eines gewissen Theils der Materie für die allgemeinste Grundeigenschaft halten, und die Ursache derselben, die gegenseitige Anziehung der Materie, die Schwere, zum Ausgangspunkte der ganzen Entwickelungsreihe chemischer Ansichten genommen haben (vgl. S. 14), erschien zur Blütezeit der phlogistischen Theorie das Gewicht der Körper mehr als eine unwesentliche, zufällige Eigenschaft, etwa wie Farbe, Geruch und dergleichen mehr. Es war dies überhaupt die Periode der sogenannten qualitativen Methode, d. h. eine Zeit, wo man die chemischen Processe nur nach ihren äußern Erscheinungen studirte und beschrieb, wenig oder gar keine Rücksicht nehmend, ob und welche Aenderungen im Gewichte der chemisch sich verändernden Stoffe stattfinde. Von dem Zeitpunkte an, wo man das Gewicht in Betracht zog, beginnt die quantitative Methode: — die Chemie tritt in das Zeichen der Wage, und bereits früher haben wir die hohe Bedeutung dieses Schritts für die Wissenschaft hervorgehoben.

Wir wissen jetzt, daß ein Phlogiston nicht existirt; daß Metalle und brennbare Körper während des Verbrennens keineswegs einen Stoff verlieren, sondern Sauerstoff aufnehmen, daher an Gewicht zunehmen; daß umgekehrt verbrannte Körper, d. h. mit Sauerstoff verbundene Körper, wie z. B. die Metalloxyde, den Sauerstoff an Kohle abgeben, wenn sie mit dieser erhitzt werden und nun wieder in metallischem Zustande erscheinen.

In dem letzten Theile des phlogistischen Zeitalters, in welchem die Deutschen vorzugsweise als Träger der Chemie erschienen,

erhielt diese doch werthvolle Bereicherungen durch Entdeckungen der Engländer Black, Cavendish und Priestley, sowie der Schweden Bergmann und Scheele, während die Leistungen der Franzosen im Hintergrunde erscheinen, um desto glänzender in der folgenden Periode hervorzutreten. Am einflußreichsten, als die phlogistische Theorie vernichtend, waren die Entdeckungen und genauern Untersuchungen der verschiedenen gasförmigen Körper, vor allen des Sauerstoffs, sodann der Kohlensäure, des Wasserstoffs, des Stickstoffs, des Stickstoffoxyds, der schwefeligen Säure, des Chlorwasserstoffgases und des Chlors. Zur organischen Chemie wurde der Grund gelegt durch die Entdeckung der verschiedenen organischen Säuren und des Zuckers in einheimischen Gewächsen. Ueberhaupt nahm die Entdeckung neuer Stoffe, die Geschicklichkeit im Experimentiren und die Beobachtungen jetzt in dem Maße zu, daß die quantitative Richtung der Untersuchungen, die Anerkennung der großen Bedeutung der Gewichtsverhältnisse bei chemischen Verbindungen sich Bahn brechen mußte. So sehen wir denn aus den letzten Arbeiten der Phlogistiker selbst die Thatsachen hervorgehen, welche den Umsturz ihrer Theorie herbeiführten.

5. Zeitalter der quantitativen Chemie.

Es ist eine gewöhnliche Thatsache, daß Anfänger in der chemischen Wissenschaft, denen jetzt schon nach kurzem Unterrichte die Lehre vom Sauerstoff und der wichtigen Rolle, die er spielt, sowie das Gesetz von den Gewichtsverhältnissen in chemischen Verbindungen so geläufig gemacht wird wie dem Kinde das Einmaleins — daß solche mit dem Lächeln des Bedauerns die noch vor kaum fünfzig Jahren in Herrschaft stehende Theorie des Phlogistons vortragen hören und die Beschränktheit derjenigen unbegreiflich finden, welche eine so einfache und klare Sache, wie die Verbrennung, Oxydation und Reduction so verkehrt aufzufassen und darzustellen vermochten. Wenn jedoch der Chemiker in dem Studium seines Fachs weiter voranschreitet, wenn er sich selbst mit Untersuchungen

beschäftigt zur Lösung einer der schwierigen, unserer heutigen Chemie gestellten Aufgaben, wenn er es versucht, für eine Reihe dunkel und verworren erscheinender Thatsachen eine Theorie aufzustellen: so wird er in den meisten Fällen seine Unfähigkeit einsehen, anders zu experimentiren, zu denken, zu schließen, als es der üblichen Methode, dem wissenschaftlichen Standpunkte und Bewußtsein der Gegenwart entspricht. Er wird sich demnach ganz in der Lage der Phlogistiker der frühern Zeit befinden und wird ihnen die gebührende Anerkennung nicht versagen.

Es drängt sich hier überhaupt die Frage nach dem Nutzen der Theorie in der Wissenschaft auf, da leicht auf den Nachtheil hinzuweisen ist, den die Befangenheit in einer irrigen Theorie auf die Arbeit und Richtung ganzer Jahrhunderte ausüben kann.

Wenn unter Theorie nichts Anderes zu verstehen ist als der Ausdruck des causalen Verhältnisses zwischen verschiedenen Thatsachen und der Erklärung seines Grundes, so kommt es vor allem darauf an, ob die betreffenden Thatsachen richtig beobachtet sind und ob das allen Gemeinschaftliche darin nothwendig oder zufällig ist. Theorien sind dann verwerflich und nachtheilig, sobald sie von unrichtig beobachteten, erdichteten oder ganz willkürlich angenommenen Thatsachen ausgehen, oder wenn der Zusammenhang, in den sie durch die Theorie gebracht erscheinen, auf ganz einseitigen oder zufälligen Umständen beruht, denen die Bedeutung einer entscheidenden Hauptsache eingeräumt worden ist.

So beruhten die naturphilosophischen Systeme, sowol der alten griechischen als auch der neuern speculativen Philosophen, mehr oder weniger auf willkürlich angenommener Grundlage, während die phlogistische Theorie das Verdienst für sich hat, den Zusammenhang zwischen einer Reihe von Thatsachen zu erkennen und festzustellen, wie er jetzt noch in voller Anerkennung steht. Wenn die Phlogistiker weniger glücklich in der Erklärung des Grundes dieses Zusammenhangs waren: so beruht dies eben darauf, daß damals alle Untersuchungsmethode eine qualitative, nur auf das Aeußere der Erscheinung gehende Richtung hatte; daß erst eine Reihe von neuentdeckten Thatsachen vorangehen mußte, bevor die quantita-

tive, auf die Gewichtsverhältnisse in chemischen Processen gerichtete Methode sich Bahn brechen konnte.

Die Fortschritte in der Chemie sind weniger durch diejenigen Chemiker zu bezeichnen, welche diese Wissenschaft durch zahlreiche Entdeckungen neuer Stoffe und Verbindungen bereicherten, wie z. B. Priestley und Scheele, sondern vielmehr durch diejenigen, welche eine neue Methode der Untersuchung und Betrachtung in den chemischen Verhältnissen einführten.

So war es denn Lavoisier (geb. 1743 zu Paris), der, indem er den Ausspruch der Wage als entscheidende Stimme durchgehend in alle chemischen Arbeiten einführte und befolgte, neue Ansichten über den Verlauf der chemischen Processe aufstellte, die sich bald allgemein verbreiteten und angenommen wurden. Es ist von Interesse, den ersten entscheidenden Versuch, welcher zur richtigen Erkennung der Verbrennung und Verkalkung (Oxydation) leitete, hier anzuführen. Lavoisier brachte eine abgewogene Menge von Zinn in ein Glasgefäß, das luftdicht verschlossen und sammt seinem Inhalte genau gewogen wurde. Das Zinn wurde alsdann durch Erhitzen zum Schmelzen gebracht, wobei sich auf dessen Oberfläche eine graue Haut von Zinnkalk (Zinnoxyd) bildete. Nach dem Erkalten des Apparats zeigte es sich, daß sein Gewicht ganz unverändert geblieben war. Beim Oeffnen desselben wurde jedoch wahrgenommen, daß Luft von außen in denselben eindrang und daß sein Gewicht hierdurch zunahm. Es zeigte sich ferner, daß das verkalkte Zinn an Gewicht gerade so viel zugenommen hatte, als das Gewicht der eingedrungenen Luft betrug.

Lavoisier schloß hieraus, daß bei der Verkalkung die Metalle Luft aufnehmen und sich mit derselben verbinden. Die gleichzeitige Entdeckung des Sauerstoffs durch Priestley und Scheele führte nun alsbald zur Erkenntniß, daß dieser Körper es ist, der die Verkalkung bewirkt. Fortgesetzte Untersuchungen über die Verbrennungsproducte der Kohle, des Schwefels und Phosphors überzeugten endlich Lavoisier, daß auch die dabei entstehenden Säuren Verbindungen jener Körper mit demselben Stoffe seien, dem er daher den Namen Oxygen, d. i. Sauerstoff, ertheilte,

indem er gleichzeitig eine neue Benennungsweise vorschlug, sodaß von nun an die Metallkalke den Namen der Metalloxyde erhielten.

Obgleich der Glanzpunkt der zahlreichen und fruchtbaren Arbeiten Lavoisier's mit der Schreckenszeit der französischen Revolution zusammenfiel, obgleich Lavoisier selbst im Jahre 1794 dem Henkerbeile als ewig bedauernswerthes Opfer erlag — wobei der verurtheilende Ausspruch des Gerichtspräsidenten: „Nous n'avons plus besoin de savants", die Rohheit des zur Herrschaft gelangten Pöbels für alle Zeiten ebenso treffend als warnend bezeichnet —, so war hiermit doch keineswegs der Chemie in Frankreich der Lebensnerv durchschnitten. Das Beispiel der Arbeiten Lavoisier's, seine zahlreichen und vortrefflichen Schriften und der Ruhm, den seine Leistungen in der ganzen wissenschaftlichen Welt verbreiteten, brachten eine mächtige Wirkung auf die Zeitgenossen hervor; und wenn die blutige Republik auch nicht nach Gelehrten als solchen fragte, so sah sie sich doch alsbald in die Nothwendigkeit versetzt, nach Männern zu fragen, die Auskunft zu ertheilen im Stande waren über Fabrikation von Salpeter und Schießpulver, sowie überhaupt von vielen unentbehrlichen Kriegs- und Lebensbedürfnissen des nach allen Seiten isolirten und ringsum bedrohten Staats. So kamen denn bald nach Lavoisier's Tode die Chemiker Frankreichs zu hohen Ehren, und gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts und im Anfange des jetzigen sehen wir Fourcroy als Staatsrath und Generaldirector des öffentlichen Unterrichts erhoben, Guyton de Morveau zum Director der Polytechnischen Schule und Baron ernannt, Berthollet durch Ehrenstellen und den Grafentitel ausgezeichnet — sämmtlich hervorragende Chemiker, die überdies Mitglieder der pariser Akademie der Wissenschaften und mit dem Orden der Ehrenlegion geschmückt waren.

Der Einfluß, welchen in Frankreich die Chemiker in hohen Stellungen auf das Unterrichtswesen hatten und, beiläufig gesagt, durch Baron Thénard, Gay-Lussac und Dumas bis in die neueste Zeit fortwährend ausübten, war natürlich von ungemein großem Einflusse; und es erklärt sich hieraus die vorzugsweise ma-

thematisch-naturwissenschaftliche Richtung der Bewegung aller Wissenschaft in diesem Lande, sowie die ausgezeichneten Leistungen des hauptsächlich in diesem Sinne begründeten Instituts der Polytechnischen Schule.

Nachdem einmal die Bedeutung der Wage so erfolgreich festgestellt war, führte ihre vervielfachte Anwendung rasch nacheinander zu den wichtigsten chemischen Gesetzen. Aus dem zuerst bestätigten Satze, daß das Gewicht einer jeden chemischen Verbindung gleich der Summe der Gewichte ihrer Bestandtheile ist, daß also bei keinem chemischen Processe je etwas Neues entstehen oder etwas Vorhandenes vergehen kann, sondern Ab- und Zunahme des Gewichts nur von Ausscheidung oder Aufnahme irgendeines wägbaren Stoffs bedingt wird — trat alsbald das Gesetz an den Tag, daß die Bestandtheile einer chemischen Verbindung unabänderlich in bestimmtem Gewichtsverhältnisse miteinander sich vereinigen, daß also, wie S. 60 gezeigt wurde, z. B. in neun Pfund Wasser stets ein Pfund Wasserstoff und acht Pfund Sauerstoff enthalten sind.

Hieran reihte sich zunächst das Gesetz von den chemischen Aequivalenten, wonach die einfachen Stoffe untereinander nicht nur in bestimmten feststehenden Gewichtsverhältnissen sich verbinden, sondern auch gegenseitig sich vertreten, sowie daß die gasförmigen Körper in bestimmten, sehr einfachen Raumverhältnissen sich vereinigen. Auf speculativem Wege wurde sodann aus den vorstehenden Gesetzen durch den Engländer Dalton die Theorie der chemischen Atome entwickelt.

Als eine neue chemische Methode wird die zersetzende Wirkung der Elektricität auf chemische Verbindungen eingeführt und durch dieselbe die wichtige Entdeckung der leichten Metalle im Kali und Natron im Jahre 1807 bewerkstelligt. Die innige Beziehung, welche seitdem zwischen Chemismus und Elektricität sich mehr und mehr herausgestellt hat, macht es nothwendig, dieselbe hier weiter auszuführen.

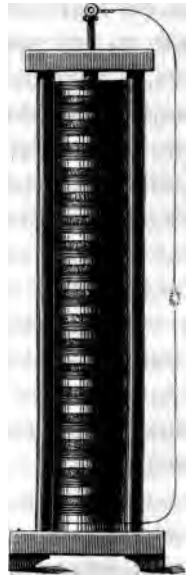
Wir erinnern daran, daß ein Stückchen Siegellack, sobald es auf Wolle gerieben wird, elektrische Eigenschaften annimmt. Diese geben sich darin zu erkennen, daß jenes Siegellack leichte Körper-

chen anzieht. Glas mit Seide gerieben zeigt ein ähnliches Verhalten, und man hat Apparate construirt, sogenannte Elektrisirmaschinen, welche Elektricität in solcher Menge hervorrufen, daß lebhafte elektrische Funken und erschütternde Schläge als ziemlich bekannte Erscheinungen auftreten. Es ist jedoch nicht die also hervorgebrachte sogenannte Reibungselektricität, welche uns hier vorzugsweise interessirt, sondern die eigenthümliche Art von Elektricität, welche entsteht, wenn verschiedene Körper miteinander in Berührung gebracht werden, daher sie auch Berührungselektricität oder — nach ihrem Entdecker — Galvanismus genannt wird. Diese beiden Arten der Elektricität stimmen zwar in ihren wesentlichsten Eigenschaften überein und lassen sich insofern von gemeinschaftlichem Gesichtspunkte aus betrachten. Andererseits bieten sie jedoch mehrfache Unterschiede dar, die insbesondere in ihrem Verhalten zu chemischen Verbindungen hervortreten.

Das einfachste und älteste Verfahren zur Hervorrufung der Berührungselektricität besteht darin, daß man eine Anzahl von

Fig. 29.

Fig. 30.



Platten aus zwei verschiedenen Metallen, z. B. Kupfer und Zink, abwechselnd aufeinander schichtet. Je eine Kupferplatte bildet mit der auf ihr liegenden Zinkplatte ein Paar und wird von dem folgenden Paar durch eine eingeschaltete Scheibe von feuchter Pappe getrennt (Fig. 29). Man baut auf diese Weise eine Säule von 30—50 Paaren, welche demnach die folgende Anordnung zeigt: Kupfer, Zink, Pappe — Kupfer, Zink, Pappe u. s. w. An der untersten Kupferplatte ist ein Kupferdraht angelöthet und ebenso an der obersten Zinkplatte (Fig. 30). In jedem dieser Plattenpaare entsteht nun

durch die bloße Berührung der ungleichen Metalle eine Erregung von Elektricität und zwar so, daß eine jede Kupferplatte negative Elektricität und jede Zinkplatte positive Elektricität annimmt. An den Endpunkten der angelötheten Drähte, welche die Pole der Säule genannt werden, erscheinen die Summen der in den einzelnen Paaren entstandenen Elektricitäten angehäuft, und durch mehrere recht auffallende Erscheinungen kann man sich von der Anwesenheit derselben überzeugen. Berührt man z. B. die Poldrähte mit feuchten Fingern, so empfindet man in den Gelenken derselben eine eigenthümliche zuckende Erschütterung — bringt man beide Pole einander ganz nahe, so sieht man zwischen denselben kleine Funken überspringen. Die Stärke dieser Erscheinungen steht im Verhältniß zur Größe und Anzahl der Plattenpaare der Säule.

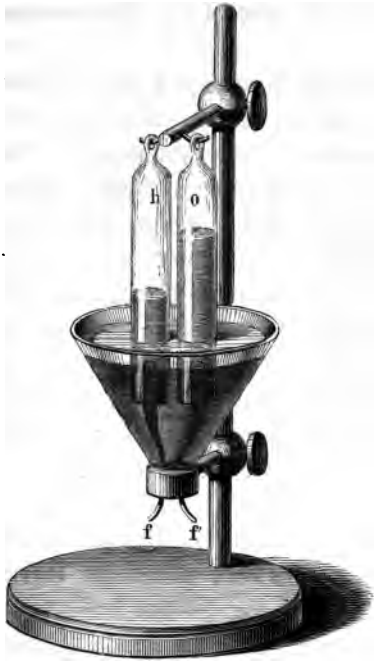
Da an den beiden Polen die entgegengesetzten Elektricitäten angesammelt sind, so werden diese sich vereinigen, sobald die Poldrähte miteinander in Berührung gebracht werden, und man sollte jetzt vermuthen, daß alle elektrischen Erscheinungen beendigt seien, ähnlich wie wenn bei der geladenen Leydener Flasche die innere und äußere Belegung in Verbindung gebracht worden ist. Die Säule zeigt hier jedoch ein ganz eigenthümliches Verhalten. Da nämlich die Plattenpaare fortwährend in Berührung bleiben, so erzeugen dieselben fortwährend neue Elektricitätsmengen, welche weiter geleitet eine nachhaltige Bewegung von Elektricität nach den Polen, den sogenannten elektrischen Strom bewirken. Man hat daher auch vorgeschlagen, der Säule den Namen des Strom-Erregers — Rheomotor — zu ertheilen.

Untersuchen wir nun das Verhalten eines solchen elektrischen Stroms gegen chemische Verbindungen. Man nähert zu diesem Zwecke die beiden Poldrähte einander bis auf geringe Entfernung und schaltet alsdann zwischen dieselben irgendeine chemische Verbindung ein, sodaß der Strom seinen Weg durch diese von einem Pol zum andern nimmt. Die Erfahrung lehrt, daß bei Anwendung hinreichend starker elektrischer Säulen alle chemischen Verbindungen in ihre Bestandtheile zerlegt werden. Eine Ausnahme hiervon machen

nur einige wenige Körper, welche die Elektricität überhaupt nicht fortleiten, wie z. B. Alkohol und Oel.

Von höchstem Interesse für die theoretische Chemie mußte aber die bereits S. 189 angedeutete Thatsache sein, daß in constanter Weise der eine Bestandtheil der zersetzten Verbindung von dem positiven Pol und der andere von dem negativen angezogen und an demselben angesammelt wird. Wenden wir das Gesagte auf ein Beispiel und zwar auf das Wasser an, mit dessen Analyse und Zusammensetzung wir uns im frühern Abschnitte, S. 60 fg., so ausführlich beschäftigt haben.

Fig. 31.



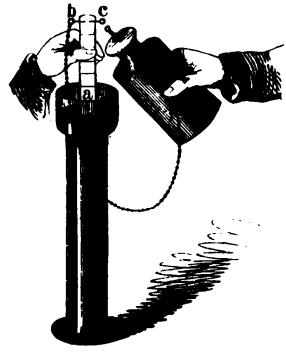
In einem trichterförmigen Gefäße (Fig. 31) erblickt man zwei kleine Glasglocken, h und o, die mit Wasser gefüllt und an dem passenden Gestelle aufgehängt werden. In die unter Wasser getauchten Oeffnungen derselben reichen zwei dünne Platinplättchen, die an Drähte gelöthet sind, welche durch den Boden des Gefäßes gehen und mit einer elektrischen Säule in Verbindung stehen, sodaß das eine Blättchen f' den positiven Pol, das andere f den negativen Pol bildet. Da der untere Theil dieser leitenden Drähte sorgfältig mit Harz überzogen ist, so muß der elektrische Strom, indem er von dem einem Platinblättchen zum andern wandert, nothwendig seinen Weg durch das Wasser nehmen, und dieses wird dabei zersetzt. Man sieht alsbald von den beiden Polen eine Menge Luftbläschen in die Höhe steigen und in jenen Glöckchen sich ansammeln. Immer erscheint das Sauerstoffgas an dem posi-

tiven — das Wasserstoffgas an dem negativen Pol. Dem Raume nach erhält man noch einmal soviel Wasserstoff- als Sauerstoffgas; dem Gewichte nach findet man beide Gase in demselben Verhältnisse, in welchem dieselben, wie früher gezeigt wurde, im Wasser enthalten sind, nämlich neun Gewichtstheile Sauerstoff auf einen Gewichtstheil Wasserstoff. Also auch dieser Versuch bestätigt die Zusammensetzung des Wassers.

Man kann jedoch noch den synthetischen Beweis hinzufügen, indem man beide durch den elektrischen Strom gelieferte Gase zusammen über Quecksilber in eine Glasröhre bringt, an deren oberm Ende zwei Drähte so eingeschmolzen sind, daß sie nur eine Linie weit voneinander abstehen.

Läßt man nun, wie Fig. 32 zeigt, einen elektrischen Funken durch das Gasgemenge schlagen, so entzündet sich dasselbe, indem Wasserstoff und Sauerstoff miteinander zu Wasser sich verbinden, von dem man nachher einige Tropfen an der Wand der Glasröhre hängend wahrnimmt. Zur Vermeidung von Misverständnissen ist zu bemerken, daß in diesem Falle der elektrische Funke nur insofern wirkt, als er die Gase entzündet. Jeder andere Funke leistet denselben Dienst. Wenn man z. B. jene Glasröhre durch eine von außen daran gehaltene glühende Kohle hinreichend erhitzt, so verbinden sich die Gase ebenfalls. Man zieht den elektrischen Funken zu diesem Experimente nur deshalb vor, weil er am bequemsten dem Zwecke dient. Beiläufig werde bemerkt, daß der eben beschriebene Apparat unter dem Namen der eudiometrischen Röhre ein wichtiges Hülfsmittel zur Analyse von Gasgemengen ist.

Fig. 32.



In der Thatsache, daß die einfachen Stoffe, sowie die chemischen Verbindungen stets von bestimmten Polen der Säule angezogen werden, glaubte Berzelius den Schlüssel zur Erklärung der chemischen Verwandtschaft finden zu müssen. Es wird z. B.

der Wasserstoff aus allen seinen Verbindungen consequent nur am negativen Pol ausgeschieden — der Sauerstoff aus allen seinen Verbindungen mit den Metallen stets am positiven Pol. Werden Salze, die nach S. 42 aus Säuren und Basen bestehen, der zersetzenden Einwirkung des Stroms ausgesetzt, so erscheint die Säure immer am positiven, die Basis am negativen Pol. Es entwickelte sich aus diesen Thatsachen die elektro-chemische Theorie, nach welcher die Atome der einfachen Körper in ungleichem Grade mit den entgegengesetzten Elektricitäten behaftet sind, infolge dessen sie sich gegenseitig anziehen und, oft unter Licht- und Wärmeentwickelung, miteinander verbinden. Da nach den Gesetzen der Elektricitätslehre Körper, die mit gleichnamiger Elektricität behaftet sind, sich abstoßen, dagegen solche, die entgegengesetzte Elektricität besitzen, sich anziehen, da ferner der Sauerstoff einer chemischen Verbindung stets vom positiven Pole des elektrischen Apparats und der Wasserstoff vom negativen angezogen wird, so folgerte man hieraus, daß beide Elemente für sich die entgegengesetzten elektrischen Eigenschaften besitzen, daß also der Sauerstoff ein elektronegativer Körper ist und der Wasserstoff ein elektropositiver. Ebenso verhält es sich mit den übrigen Elementen, die hiernach in positive und negative eingetheilt werden. Dabei ist jedoch zu bemerken, daß der elektrochemische Charakter eines Elements relativer Art ist, denn es verhält sich z. B. der Schwefel in seiner Verbindung mit Sauerstoff elektropositiv, während er mit Wasserstoff verbunden als negativer Bestandtheil auftritt. Die sämmtlichen Elemente bilden hiernach die sogenannte elektrische Reihe, an deren Anfang der Sauerstoff als elektronegativster Körper steht, während der Wasserstoff als elektropositivster das Ende bildet. Zwischen beiden sind die übrigen Elemente in der Weise geordnet, daß jedes derselben sich gegen das vorhergehende positiv, gegen das folgende negativ verhält. Demgemäß erscheinen in der Nähe des Sauerstoffs die vorzugsweise negativen Stoffe, wie Chlor, Jod, Schwefel u. s. w., während an den Wasserstoff die entschiedenst positiven Elemente, Kalium, Natrium u. s. w., sich anreihen. Während also an den beiden Enden der elektrischen Reihe sich diejenigen Elemente gegenüberstehen, welche

sich durch energische Verwandtschaft auszeichnen, wird ihre Mitte von solchen Stoffen eingenommen, die einen weniger entschiedenen Charakter besitzen.

So befriedigend die Erklärungen der elektrochemischen Theorie auch erscheinen mochten, so hat sie sich doch nicht als ausreichend erwiesen, denn in den meisten Fällen ist ihr Ausspruch mehr eine Umschreibung der chemischen Ausdrucksweise als eine Erklärung. Man sieht nicht wohl ein, welche Kraft die Elemente zusammenhalten soll, die, solange sie mit entgegengesetzter Elektricität behaftet sind, sich anziehen mögen. Allein nach ihrer Vereinigung, bei welcher die entgegengesetzten Elektricitäten sich ausgleichen, müßten die Atome wieder auseinanderfallen, wie zwei Korkkügelchen bei dem bekannten Versuche mit Reibungselektricität. Ueberdies haben sich die organischen Verbindungen mehrfach der elektrochemischen Theorie nicht entsprechend erwiesen, wie namentlich das Chlor in den Substitutionsproducten seinen negativen Charakter keineswegs behauptet.

Während daher einerseits die Wechselwirkung zwischen Elektricität und Chemie und die Anwendung derselben in fortwährendem Zunehmen ist, hat die elektrochemische Theorie an Boden verloren, indem man sich begnügt, die chemische Verwandtschaft als Grund der chemischen Erscheinungen zu setzen. Nichtsdestoweniger haben sich gewisse Bezeichnungen aus der Elektricitätslehre im Gebrauche erhalten und wenn man von dem positiven oder negativen Charakter gewisser Elemente oder Verbindungen spricht, so will man damit andeuten, daß sie sich im allgemeinen verhalten wie Wasserstoff, Metalle und Basen, oder wie Sauerstoff, Salzbilder und Säuren.

In dieselbe Zeit fällt zugleich nach längerm Streite die Entscheidung, daß auch Chlor den einfachen Stoffen oder Elementen zuzuzählen sei, und es erhielt deren Reihe durch die bald nachfolgende Entdeckung des Jods und Broms eine befriedigende Vollständigkeit.

Fragen wir nach den Namen derer, die an dieser erfolgreichen Periode sich vorzugsweise betheiligten, so finden wir in Frankreich,

außer den oben bereits genannten, noch Berthollet, Vauquelin, Gay-Lussac und Thénard, in England Davy, Dalton und Faraday, endlich in Schweden Berzelius hervorzuheben.

Auffallend ist es, wie wenig Deutschland in dem eben geschilderten Zeitraume durch hervorragende Chemiker vertreten erscheint. Wenn auch in diesem Lande nicht wenige verdienstvolle Arbeiten anzuführen sind, worunter namentlich Klaproth als ausgezeichneter Analytiker, Richter durch vortreffliche Arbeiten über die Gewichtsverhältnisse der chemischen Verbindungen bekannt ist, so tritt doch im ganzen die Bedeutung des hier Geleisteten gegen die von Frankreich ausgegangene Richtung zurück. Begründet mag diese Erscheinung theils darin sein, daß in Deutschland, dem Vaterlande der phlogistischen Theorie, diese noch länger in Ansehen sich erhielt und so das rasche Ergreifen der erfolgreichen antiphlogistischen Chemie erschwerte; anderntheils aber war es unstreitig eine mächtige und eigenthümliche geistige Bewegung, die in jener Zeit, in alle Wissenschaften eindringend und auf ihre Richtung mehr oder weniger Einfluß ausübend, den Naturwissenschaften überhaupt sich keineswegs günstig erwies — nämlich die Kantische Philosophie und ihre Nachfolger. Indem wir weiter unten das Verhältniß der neuern Philosophie zur Chemie einer nähern Betrachtung unterwerfen, werden wir diesen Ausspruch zu rechtfertigen suchen.

Von dem geschichtlichen Faden geleitet, sind wir endlich bis zur Chemie der Gegenwart gelangt, bis zu der Periode, wo die belebenden Genien der Wissenschaft zugleich die noch lebenden sind; und freuen dürfen wir uns, gerade hier unsere Landsleute wieder in erster Linie zu finden, sie auf dem Höhepuntke der Wissenschaft voranleuchtend zu sehen.

Wenn jedes der vorangehenden Zeitalter das Gepräge eines bestimmten Charakters trägt, wie den der Alchemie, der phlogistischen Theorie, der quantitativen Methode: so liegt die Frage nahe, ob und welcher eigenthümliche Charakter der Chemie der Gegenwart zugeschrieben werden könne. Diese Frage wird erst die Zukunft zu beantworten vermögen; denn wenn wir auch einzelne Züge aus der heutigen Physiognomie unserer Wissenschaft zu skizziren im

tande sind, so kann doch die Zukunft erst den Gesammtausdruck rselben richtig erkennen und auffassen. Unstreitig bleibt das antitative Verfahren ein character indelibilis, eine stehende Meode für alle künftige Forschung.

Als eine der Eigenthümlichkeiten der neuesten Chemie ist ihre llständige Abzweigung von den verwandten Wissenschaften, und nerhalb der Chemie selbst die eintretende Theilung der Arbeit,)r entsprechend der neuen industriellen Methode, anzuführen. ährend auf den Hochschulen noch im ersten Viertel dieses Jahrnderts die Chemie irgendeinem andern Lehrstuhle, in der Regel r Medicin, sodann der Physik oder Mineralogie beigesellt erheint, sind seitdem überall eigene Professuren der Chemie errichtet orden; ja, der eben angeführten Theilung der Arbeit entsprechend, i manchen Orten mehrere Stellen für theoretische Chemie, analyche, physiologische, pharmaceutische und technische Chemie.

Mit den vermehrten Hülfsmitteln der Chemie wachsen zugleich e Schwierigkeiten der ihr vorliegenden Probleme. Denn Aufben, deren Lösung, und zwar in höchst unvollkommener Weise)llzogen, noch vor funfzig Jahren einem Chemiker den ersten ang unter seinen Zeitgenossen erwerben konnte, z. B. die Anase eines Mineralwassers oder einer organischen Verbindung, sind perationen, deren Ausführung jetzt von dem wissenschaftlichen hemiker mit einer gewissen Leichtigkeit und ganzer Sicherheit vorusgesetzt wird. Was daher den Untersuchungen gleichsam mehr i der Oberfläche des Gebiets dargeboten ist, wurde alsbald nach len Richtungen durchforscht und bloßgelegt, und eine erstaunliche ermehrung von Thatsachen in das Gebiet der Chemie neu einreiht. Das tiefere Eindringen dagegen in einer bestimmten Richng erfordert auch ein besonderes Verweilen in derselben; und so nden wir in der neuern Zeit die meisten Chemiker mehr oder weiger eine einseitige Richtung einschlagend, ihre ganze Kraft auf ese vereinigend und so zu Erfolgen gelangend, welche der ganzen ssenschaft wesentlich förderlich sind. Denn der mineralogische, r organische Analytiker, der technische und physiologische Chemir, alle arbeiten bei verschiedener Richtung doch nur nach einem

Ziele, dessen bewußt zu sein eben der Vorzug der gegenwä
Chemie ist.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß unsere jetzige Period
der Nachwelt als das Zeitalter der organischen Chemi
rakterisirt wird, weil in ihr das organische Gebiet — nich
ersten mal überhaupt — allein zum ersten mal mit Aussic
Erfolg in Angriff genommen erscheint. Denn der lebendige
nismus, sowol der Pflanzen- als Thierkörper, mit seinem K
und Wachsen, seiner Ernährung und Vermehrung, seinem
stehen und Vergehen, war schon seit dem Anfange aller
betrachtung ein wiederholt aufgestelltes Räthsel. Wir fand
Aristotelischen Elemente von Feuer, Wasser, Luft und Erde
auf den organisirten Körper ausgedehnt. Die Alchemisten
wühlten seine innersten Eingeweide, ja eine Richtung derselb
beitete ernstlich an der Erzeugung des homunculus, indem
hoffte, einen lebendigen Körper aus der Retorte hervorgeh
sehen. Die medicinischen Chemiker des sechzehnten Jahrhu
componirten das Organische aus Schwefel, Salz und Quec
oder aus Lauge und Säure, die Phlogistiker aus erdigen od
zigen Theilen, Wasser und Phlogiston. Kaum aber waren
ihre Nachfolger Sauerstoff und Wasserstoff und gewisse Bezieh
desselben zum Organismus entdeckt worden, als auch schon
sich bereit fanden, alle regelmäßigen und regelwidrigen Ersch
gen des Organismus auf Rechnung des zu viel oder zu weni
handenen Sauerstoffs oder Wasserstoffs zu setzen.

Lavoisier erwarb sich das Verdienst, zu zeigen, daß d
ganischen Körper eine sehr einfache und übereinstimmende elem
Zusammensetzung haben. Obgleich aber von ihm selbst und späte
Gay-Lussac und Thénard, sowie von Berzelius ein im
cip noch jetzt übliches Verfahren zur Analyse der organischen
bindungen eingeschlagen wurde, das zu annähernd richtigen
taten führte, so gebührt doch unserm Landsmanne Liebi
Verdienst, die Analyse organischer Körper zu einer Operatio
solcher Sicherheit und Leichtigkeit in der Ausführung ausg
zu haben, daß von diesem Zeitpunkte an die Geschichte der

schaftlichen organischen Chemie recht eigentlich zu datiren ist. Seitdem bestätigten ganze Reihen von Versuchen, daß die mannichfachen organischen Stoffe nur aus drei bis vier Elementen bestehen, nämlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, welchen in einigen Körpern noch Schwefel beigesellt ist.

Wir haben S. 59 das Beispiel der Analyse einer unorganischen Verbindung, nämlich des Wassers mitgetheilt. Bei der hohen Bedeutung, welche die organische Chemie gegenwärtig hat, und der großen Betheiligung der vaterländischen Chemiker an derselben, erscheint es von Interesse, auch auf eine nähere Beschreibung des Verfahrens einzugehen, wodurch es möglich wird, die elementaren Stoffe organischer Verbindungen, wie z. B. des Zuckers, der Stärke, der Holzfaser, des Weingeistes, des Fettes, der Essigsäure, Citronensäure, des Chinins, Morphins, des Eiweißes und dergleichen kennen zu lernen.

Erinnern wir uns der auch dem Nichtchemiker bekannten Thatsache, daß die genannten Stoffe vollständig verbrennbar sind, ferner daß die Verbrennung der Vorgang einer Vereinigung mit Sauerstoff ist, in deren Folge flüchtige sauerstoffhaltige Verbindungen entstehen: so ist hierin das Princip der organischen Analyse gegeben. Man verwandelt also den organischen Körper durch die Verbrennung in Wasser und in Kohlensäure, und da die Chemie uns mit Stoffen bekannt gemacht hat, welche die kleinsten Spuren des einen oder des andern dieser Verbrennungsproducte anziehen, so ist man im Stande, dieselben aufs genaueste zu sammeln und zu wiegen.

Das Verfahren ist folgendes. Reiner Zucker, der als Beispiel dienen soll, besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Eine genau gewogene Menge desselben wird mit vielem Kupferoxyd innig gemengt in eine Glasröhre (Fig. 35) gebracht und bis zum Glühen erhitzt. Das Kupferoxyd besteht aus Kupfer und Sauerstoff. Beim Erhitzen jenes Gemenges verbindet sich der Sauerstoff des Kupferoxyds mit dem Kohlenstoff des Zuckers zu Kohlensäure, und mit dem Wasserstoff desselben zu Wasser. Von diesen beiden flüchtigen Producten (den einzigen, welche bei dieser Verbrennungsmethode entstehen) wird das Wasser in einer kleinen, mit Chlorcal-

cium gefüllten Röhre (Fig. 34 A) aufgefangen und die Kohlensäure an Kalilauge gebunden, welche sich in einem von Liebig äußerst sinnreich ausgedachten Apparate befindet.

Wir sehen in Fig. 33 eine Abbildung desselben, etwa in der Hälfte seiner wirklichen Größe, und man kann in der That diesen Liebig'schen Kaliapparat als das Symbol der organischen Chemie setzen. Derselbe besteht aus einer triangelförmig gebogenen Glasröhre, die an mehreren Stellen kugelförmig erweitert ist. Es wird hierdurch bezweckt, daß die zuerst in die Kugel a eintretende Kohlensäure unter einem gewissen Druck nach und nach die Kugeln b, c passiren muß, die theilweise mit Kalilauge gefüllt sind, sodaß eine vollkommene Absorbirung der Kohlensäure stattfinden muß. In der folgenden Fig. 34 ist eine Aufstellung des ganzen Apparats, wie er zur Ausführung der organischen Analyse dient. a, c ist die Glasröhre, welche das Gemenge von Kupferoxyd und Zucker enthält. Sie liegt auf einem

Fig. 33.

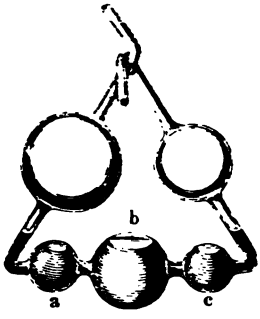


Fig. 34.

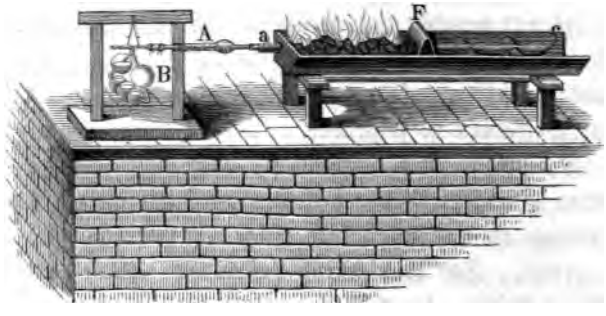


Fig. 35.

Die Verbrennungsröhre a c für sich.

roſtartigen Ofen, in welchem die Verbrennung bereits bis F bewerkſtelligt iſt. A iſt die zur Aufnahme des Waſſers beſtimmte Chlorcalciumröhre, B der Kaliapparat.

Aus der Gewichtszunahme der vorher genau gewogenen Apparate A und B erfährt man das Gewicht der durch die Verbrennung des Zuckers entſtandenen Mengen von Waſſer und Kohlenſäure. Da aber bekannt, wie viel Kohlenſtoff und Waſſerſtoff in einer gegebenen Menge von Kohlenſäure und Waſſer enthalten iſt, ſo läßt ſich hieraus berechnen, wie viel von dieſen beiden Elementen in dem verbrannten Zucker enthalten war. Iſt aber bei einem aus drei Elementen beſtehenden Körper das Gewicht zweier darin enthaltener Elemente (in unſerm Beiſpiele des Kohlenſtoffs und Waſſerſtoffs) ermittelt, ſo ergibt ſich hieraus das Gewicht des dritten Elements (des Sauerſtoffs) von ſelbſt. Man hat auf dieſe Weiſe gefunden, daß der Zucker die folgende Zuſammenſetzung hat:

Procente:	Beſtandtheile:
42,1 . . .	Kohlenſtoff,
6,4 . . .	Waſſerſtoff,
51,5 . . .	Sauerſtoff,
100	Gewichtstheile Zucker.

Bei ſchwefel- und ſtickſtoffhaltigen organiſchen Körpern ſind noch weitere analytiſche Operationen nöthig, deren Beſchreibung jedoch zu weit führen würde.

Nachdem einmal eine leichte und ſichere Methode der Analyſe organiſcher Verbindungen eingeführt war, entſtanden alsbald ganze Reihen der wichtigſten Unterſuchungen, unter welchen die Arbeiten von Liebig und Wöhler den erſten Rang einnehmen. Auf mehrere derſelben kommen wir bei Betrachtung des Einfluſſes der Chemie auf Phyſiologie näher zurück. Auch die franzöſiſchen Chemiker cultivirten das organiſche Gebiet mit vielem Erfolg, und von dieſen verdienen vorzugsweiſe Chevreuil, Dumas und Reignault, ſowie die Begründer der neuern Typenlehre Laurent und Gerhardt durch ihre claſſiſchen Unterſuchungen genannt zu werden.

Allein neben der organiſchen Chemie, die als neuangebautes

Feld sich vorzugsweise dankbar und ergiebig erwies, finden wir in Deutschland nun auch als ausgezeichnete Kräfte in andern Kreisen erfolgreich beschäftigt. Hervorzuheben ist aus der großen Anzahl Verdienstvoller L. Gmelin, dem die Wissenschaft das gründlichste und umfassendste Handbuch verdankt, zu dessen Vervollständigung er selbst eine große Menge aus eigenen Untersuchungen hervorgegangener Thatsachen lieferte. Ein Werk von ähnlich reichem und gediegenem Inhalt in Beziehung auf die chemische Analyse, mit vielen neuen und eigenen Methoden, verdankt man H. Rose, dessen Laboratorium in Berlin den alten Ruhm der genauen Mineralanalysen von Klaproth fortpflanzte. Mit vorzüglichem Erfolg ist von Bunsen ein Zweig der analytischen Chemie ausgebildet worden, der besondere Schwierigkeit bot, nämlich die Untersuchung gasförmiger Verbindungen oder von Gemengen derselben, die sogenannte gasometrische Methode.

Auch haben wir noch eines der ersten unserer vaterländischen Chemiker zu gedenken, von dessen ausgezeichneten Arbeiten einige von großer Wichtigkeit für die theoretische Chemie geworden sind. Es ist dies Mitscherlich, dessen Untersuchungen über den Zusammenhang von Krystallform und chemischer Zusammensetzung die Lehre des Isomorphismus begründeten, durch welche die Hypothese der chemischen Atome, die wir S. 156 ff. zum Gegenstand unserer Betrachtung gemacht haben, eine wesentliche Stütze erhielt.

An den zahlreichen Universitäten und technischen Lehranstalten Deutschlands begegnen wir endlich noch einer großen Reihe höchst verdienstvoller Namen, die durch ihre wissenschaftlichen und praktischen Arbeiten, sowie durch ihre ausgezeichneten Leistungen in allen Zweigen der chemischen Literatur aufs rühmlichste zur Förderung der Wissenschaft beitragen und ihrem gemeinsamen Vaterlande eine hervorragende Stellung in dieser Hinsicht sichern.

Als eine eigenthümliche Erscheinung der jüngsten Zeit mag erwähnt werden, daß inmitten der fast stürmischen Bewegung auf dem Gebiete der verwickeltsten organischen Verbindungen, gleichsam wie durch eine Reaction hervorgerufen, ausgezeichnete Kräfte aufs neue der Erforschung des Allereinfachsten, nämlich der chemischen

Elemente, sich zugewendet haben. Angeregt durch Schrötter's schöne Entdeckungen über die Natur des Phosphors, haben uns weitere Untersuchungen über das Aluminium, das Bor und Silicium nicht nur mit interessanten Thatsachen bereichert, sondern auch die Ueberzeugung gewährt, daß das chemische Gebiet nach allen Richtungen unbegrenzt und ergiebig ist.

Betrachten wir das seither Vorgetragene, so behandelt dasselbe Vergangenes, historisch Gewordenes. Allein in einer ihrer eigentlichen Bedeutung nach so wenig erkannten Wissenschaft wie die Chemie ist zur Würdigung ihrer jetzigen Stellung der historische, vergleichende Rückblick gerade für den Laien unumgänglich nothwendig. Bei aller Begeisterung, mit der das bewußte, lebendige Voranschreiten der Chemie unsere Gegenwart erfüllt, soll dem Verdienste und den Ueberlieferungen der Vergangenheit die gerechte und volle Anerkennung zu Theil werden.

Liebig's Privat-Laboratorium in München.

III. Die Chemie und die Wissenschaften.

Die einseitige Vertiefung in irgendwelcher Richtung, sei es in Erforschung der Natur oder im Studium der Ideenwelt, wird früher oder später zu einem Resultate führen, das als eine Wahrheit von allgemeinem Werthe sich darstellt, die meist in wenig und einfachen Worten sich aussprechen und leicht mit andern Errungenschaften des menschlichen Geistes verknüpfen läßt. Dieses Aufgehen der Einseitigkeit der Forschung in einer Idee von allgemeinstem Werthe, diese Rückkehr aus dem Besondern in das Universelle ist gerade ein Merkmal echter Wissenschaftlichkeit. Wenn eine Wissenschaft uns Resultate darbietet, die sich mit dem allgemeinen wissenschaftlichen Verständniß unvereinbar erweisen, so hat

man gegründete Ursache, jene Resultate mit kritischem Mistrauen aufzunehmen. Entweder liegt der Fehler an der Unzugänglichkeit und Unvollkommenheit der Untersuchung, oder an der Unfähigkeit, aus dieser die Resultate zu ziehen und in angemessener Form darzustellen.

Es ist demnach gar keine Bewegung einer wahren Wissenschaft denkbar, ohne Anregung und Rückwirkung von und nach außen. Zunächst werden natürlich von solchen Bewegungen die benachbarten Gebiete ergriffen. Die verwandten Ideen verknüpfen sich rasch und leicht. Allein in leisen Wellenschlägen verbreitet sich eine gefundene Wahrheit allmählich nach allen Richtungen und erreicht endlich selbst die entferntesten Gebiete.

Es erscheint daher von Interesse zu untersuchen, inwiefern einerseits aus der Chemie Wahrheiten vom allgemeinsten Werthe entwachsen sind und auf andere Gebiete befruchtend und fördernd eingewirkt haben, und andererseits den Einfluß der übrigen Wissenschaften auf die Chemie in Betrachtung zu nehmen. Dieses Verhältniß des Gebens und des Empfangens werde für die folgenden benachbarten Gebiete zu schildern versucht: Philosophie — Physiologie und Medicin — Zoologie und Botanik — Mineralogie, Geognosie und Geologie — Physik und Mathematik.

1. Verhältniß der Chemie zur Philosophie.

Die Philosophie bietet im Verlaufe der Zeiten mit der Chemie insofern einige Aehnlichkeit, als beider Namen das Schicksal theilen, in verschiedenen Epochen eine sehr verschiedene Bedeutung gehabt zu haben, als über beide Wissenschaften gewisse allgemeine Vorstellungen im Schwunge sind, die sich bei näherer Erörterung meist ebenso unklar als unbestimmt erweisen.

Welches nun auch die philosophischen Systeme und Philosopheme verschiedener Zeiten gewesen sein mögen, so hat sich doch der wissenschaftliche Sprachgebrauch dafür entschieden, daß unter Philosophie die denkende Untersuchung eines Gegenstandes zu verstehen

sei — daß Philosophie die denkende Erkentniß der Principien oder letzten Gründe sei, aus welchen alle Erscheinungen im Gebiete des Sinnlichen und Geistigen sich entwickeln lassen.

Sobald wir die Philosophie in diesem allgemeinen Sinne nehmen, ist es nicht schwierig, Zusammenhang und gemeinsame Berührungspunkte zwischen ihr und der Chemie nachzuweisen. Ja, es ist gar nicht möglich, daß ein Forscher von irgendeiniger Bedeutung in seinen Untersuchungen dem Einflusse der Philosophie und ihrer Mitwirkung entzogen bleiben könnte. Denn aus den philosophischen Bestrebungen aller Zeitalter, Schulen und Völker hat die Zeit mit Beseitigung der Irrthümer und Auswüchse gewisse Wahrheiten und Principien bewahrt und in den Schatz der allgemeinen menschlichen Erkenntniß aufgenommen. Beim Lesen unserer bedeutendern Schriftsteller, im Umgange mit gebildeten Menschen lebt und webt sich unbewußt eine Summe solcher Erkenntnisse in unsere Seele ein, und als selbstverstehend empfangen wir Principien, die in einer frühern Epoche zweifelhafte und langbestrittene Probleme philosophischer Parteien waren. So sind die wirklichen Erfolge großer Denker Gemeingut aller geworden — unwillkürlich athmen wir den Hauch ewiger Ideen mit der Luft ein, wachsen wir auf unter ihrem Einflusse.

Die Chemie ist von diesem Einflusse keineswegs unberührt geblieben. In ihrer ganzen Bewegung von dem Zeitpunkte an, wo sie als Wissenschaft sich fühlte, erkennt man das Streben, aus der Masse eines rohen und untergeordneten Erfahrungsstoffs; Begriffe, Gesetze und Principien zu gestalten, die der allgemeinen Erkenntniß sich anreihen lassen.

In dem Vorhergehenden und Nachfolgenden sind derartige Resultate der Chemie niedergelegt, welche insbesondere für die verwandten Richtungen der Philosophie, für Metaphysik, Kosmologie und Naturphilosophie von Bedeutung sind. Wir rechnen hierher die Lehre von den Elementen, von den Aequivalenten, von der Constitution der Materie — von der Identität der chemischen Stoffe, die niemals einer Umwandlung, Verwandlung oder Vernichtung fähig sind, von dem Unvermögen des Organismus, Stoffe zu produciren,

von dem Kreislauf der Materie zwischen der unorganischen und organischen Natur u. s. w.

Um so auffallender erscheint es hiernach, daß von dem Zeitpunkte an, wo die Chemie ihren neuesten Aufschwung nahm, der dieselbe auf die Höhe der Wissenschaft hob und der so ziemlich zusammenfällt mit philosophischen Bestrebungen, die ebenfalls eine neue und, wie allgemein angenommen wurde, die glänzendste Epoche der Philosophie eröffnen — daß von diesem Zeitpunkte an beide Wissenschaften, wenn nicht feindlich sich begegnen, doch fast ohne alle Wechselwirkung und gegenseitige Theilnahme nebeneinander her sich entwickeln. Es gilt dies nicht allein von der Chemie, sondern von den Naturwissenschaften überhaupt, die, wenn auch, wie oben angedeutet, durch logische und scharfsinnige Untersuchung mit Erfolg nach allgemeinen Principien strebten, doch der Philosophie des Tags, der Schul- und Modephilosophie fast gänzlich entfernt bleiben.

Beide Theile folgten bewußt oder unbewußt dem prophetischen Zuruf, den das nachfolgende Schiller'sche Distichon enthält:

Naturforscher und Transscendental-Philosophen:
Feindschaft sei zwischen euch! Noch kommt das Bündniß zu frühe:
Wenn ihr im Suchen euch trennt, wird erst die Wahrheit erkannt.

Es wird unstreitig der Zukunft nicht schwer fallen, den Grund dieses passiven Nebeneinander klar vor Augen zu legen. Selbst in der Gegenwart stehend, mit den Ausläufern beider Richtungen mehr oder weniger verknüpft, ist unser Urtheil vielleicht weniger vorurtheilsfrei. Wir begnügen uns daher damit, von dem Verhältnisse oder Misverhältnisse zwischen Naturwissenschaft und Philosophie Act zu nehmen und dasselbe durch Thatsachen zu bestätigen.

Wir entnehmen zunächst über die Beziehungen der Chemie zur Philosophie eine bezeichnende Stelle aus Kopp's „Geschichte der Chemie":

„Solche Hindernisse" — sagt derselbe in Beziehung auf die Entwickelung der Chemie — „wurden besonders durch eine Richtung gebildet, welche sich in Deutschland seit Anfang des jetzigen Jahrhunderts geltend zu machen suchte und der Methode, die seit

Baco von Verulam zur richtigen Erkenntniß der Naturgesetze geleitet hat, entgegentrat. Diese Richtung war, die reine speculative Forschungsweise an die Stelle der inductiven Untersuchungen zu setzen. Während die Geschichte der Naturwissenschaft jederzeit nachgewiesen hat, daß hier das Theoretisiren nur in stetem Geleite sicherer und unbefangener Beobachtungen zu Aufschlüssen über die Naturgesetze führe, wurde die Ansicht aufgestellt, daß alle Erscheinungen und Gesetzmäßigkeiten der Natur sich leichter und sicherer durch Speculation auffinden und erklären lassen durch Schlußfolgerung aus einem einzigen höchsten, in sich und durch sich selbst erwiesenen Grundsatze."

Der Zeitpunkt, in welchem Lavoisier in Frankreich durch Begründung der quantitativen Analyse den ersten und entscheidenden Schritt zur exacten Forschung auf dem chemischen Gebiete that, fällt so ziemlich zusammen mit der Periode, in welcher Kant's kritische Methode eine ähnliche Umgestaltung der Philosophie hervorzurufen schien, wie es durch den ersten in den chemischen Wissenschaften geschah. Im Jahre 1724 geboren, lehrte Kant seit 1755 und von 1770 an als Professor in Königsberg, und seine Untersuchungen über den Grund und Umfang unserer Erkenntnisse, Vorstellungen und Urtheile, seine Feststellung der überhaupt möglichen reinen Verstandesbegriffe, der sogenannten zwölf Kategorien, und seine durchaus kritische, in strengem Denken wurzelnde Methode trat mit glänzendem Erfolge dem seitherigen dogmatischen Verfahren in der Philosophie entgegen. Man hielt jetzt den Zeitpunkt gekommen, von welchem an die Philosophie, mit gleicher Sicherheit wie die empirischen Wissenschaften zu Resultaten gelangend, sich rasch weiter entwickeln werde, daß sie gleich jenen zwar noch irren, niemals jedoch wieder rückwärts gehen könne. Und gleichwie in Frankreich durch Lavoisier's Erfolge eine ganze Schar von Zeitgenossen und Nachfolgern, in die Bahn der Chemie gezogen, diese ebneten und erweiterten, so wandte sich fast die ganze geistige Kraft des deutschen Volks auf die Grundlage der Kant'schen Philosophie, um von da aus das Gebäude aller Wissenschaften mit errichten zu helfen.

Es ist eigenthümlich, daß Kant, obgleich von Fach ursprüng-

lich Mathematiker und Physiker, sich von der experimentellen Seite dieser Wissenschaften ganz abwendend, eine rein speculative Richtung annahm. Wir besitzen von ihm keine nur irgend bedeutende Arbeit in erstgenannter Richtung, und obgleich der größte deutsche Philosoph ein Mathematiker war, so begründete er keineswegs eine physikalisch-mathemaeische Schule, wie sie in und seit jener Zeit aus Frankreich so glänzend mit Namen wie d'Alembert, Lalande, Laplace, Legendre, Lagrange, Biot, Francoeur, Cauchy u. s. w. hervorgegangen ist. Ja, gerade Physiker und Mathematiker erschienen alsbald als entschiedene Gegner, wenn nicht der Kant'schen, doch der in und aus ihr folgenden philosophischen Richtung.

Während man zusah, wie die empirischen Physiker in mühsamen, langwierigen, kostspieligen und überdies häufig erfolglosen Versuchen sich abmühten, um da und dort ein vereinzeltes Gesetz der Naturerscheinungen nachzuweisen, entwickelte Kant's kritischer Idealismus aus der Tiefe des Gedankens allein seine alsbald zur Herrschaft gelangenden Gesetze der Geisteserscheinungen. Ein solches Beispiel war zu verführerisch, als daß es nicht eine Menge von Nachahmern hätte finden sollen, und nicht allein in der eigentlichen Philosophie, sondern auch in den Gebieten der Erfahrungswissenschaften nahm eine allgemeine Hinneigung zur speculativen Behandlung unter Vernachlässigung der experimentellen Forschung überhand.

Es vereinigte sich hiermit der Umstand, daß Kant's Schriften, an sich schon einen schweren Stoff behandelnd, dies in einer schweren, an eigenthümlichen Ausdrücken und Wendungen reichen Sprache thun, welche dem Eindringen in seine Gedanken und sein System nicht geringe Hindernisse entgegensetzen. Nicht das Geringste ist es, was wir an Lavoisier schätzen, daß er durch Einführung einer genauern und zweckmäßigern Nomenclatur, durch einen einfachen und klaren Styl in seinen Schriften der Wissenschaft Bestimmtheit im Ausdruck und größere Zugänglichkeit verlieh.

Kant's Vorgang hatte für die Behandlung der philosophischen Wissenschaften die entgegengesetzte Folge. Die Menge, die, seinen Spuren folgend, das Unverstandene und Halbverstandene nicht zu

überwinden vermochte, wußte es doch in einer schwierigen und dunkeln Ausdrucksweise wieder und weiter zu geben, sodaß es immer noch wie tiefsinnige Philosophie aussah und von jungen Leuten und solchen, die wenig geübt waren, näher auf die Sache einzugehen, mit einer heiligen Scheu aufgenommen ward. Wir finden alsbald bei vielen der auf Kant folgenden Philosophen eine so verwickelte, mit neuen Ausdrücken überladene, mythische, mystische und phantastische Sprache, daß man lebhaft an die Periode der kabbalistischen Alchemie erinnert wird, in deren Schriften man nicht weiß, ob die Worte vorhanden sind, um eine Sache darzustellen oder zu verhüllen. Der Schüler kam in der That in den Fall auszurufen:

Mir wird von alledem so dumm,
Als ging mir ein Mühlrad im Kopf herum.

Während aber das pseudo-philosophische Mühlrad im Kopfe klapperte, verging demselben alles Hören und Sehen der wirklichen Natur, und wir können einen Zeitraum von 1770 — 1820, also von funfzig Jahren annehmen, in welchem in Deutschland nicht allein im Gebiete der Chemie, sondern auch in der exacten Naturforschung überhaupt verhältnißmäßig außerordentlich Geringes geleistet worden ist. Es erforderte das Genie eines Humboldt, um nicht in jene falsche Richtung verwickelt zu werden; und es ist überdies charakteristisch genug, daß der Schauplatz seiner frühesten wissenschaftlichen Großthaten weit ablag vom philosophischen Mutterlande, daß seine ersten bedeutendern Werke in französischer Sprache niedergeschrieben sind, daß ihr berühmter Verfasser erst dann den heimatlichen Boden zum Aufenthalt wählte, als den Naturwissenschaften eine schönere Morgenröthe daselbst aufzudämmern begann.

Es erscheint als merkwürdige Thatsache, daß während Kant dem Dogmatismus feindlich und vernichtend entgegentrat, gerade seine Nachfolger in ihren Naturphilosophien in einer Weise dogmatisirend und a priori construirend auftraten, wie dies seit den griechischen Philosophen nicht mehr dagewesen, sodaß den Naturforschern alsbald nichts übrig blieb, als dieser ganzen Philosophie

geradezu den Rücken zu kehren und sie gänzlich zu ignoriren. Und wie denn eine jede falsche Richtung in den Wissenschaften eine Spitze erreichen muß, auf der sie, eine zeitlang künstlich balancirend, endlich umschlägt, so wurde durch die Ausbildung von Schelling's und Hegel's Naturphilosophie diese Zuspitzung erreicht. Das hierdurch im Anfange dieses Jahrhunderts begründete und im wesentlichen bisjetzt gebliebene Verhältniß zwischen Chemie und Philosophie kann nicht treffender charakterisirt werden als durch die Worte eines der bedeutendsten Chemiker der Gegenwart.

„Es ist die deutsche Naturphilosophie", sagt Liebig, „die „ihren Namen mit so großem Unrecht trägt, welche die Kunst verbreitet hat, ohne gründliche Forschungen und Beobachtungen sich Rechenschaft von den Erscheinungen zu geben, eine Kunst, der es an Jüngern nicht fehlen wird, solange Arbeiten ohne Mühe und Anstrengung Aufmunterung und Anerkennung finden; sie zeugte die blinden und taubstummen Kinder der Unwissenheit und des Mangels aller Beobachtungsgabe, sie ist es, die in den vorhergegangenen Jahren alle Fortschritte in ihrem Keime erstickte."

Lehmann, in der Vorrede zu seinem ausgezeichneten „Lehrbuch der physiologischen Chemie", sagt: „Wenn wir in der Anwendung der Chemie auf die Wissenschaft des generellen Lebens noch hier und da den durchgreifenden Einfluß einer wahrhaften Naturphilosophie vermissen, so verstehen wir darunter nicht etwa eins jener nun ziemlich verschollenen Systeme, die mehr einer schönen Dichtung gleichen und fast zum Spotte der Nachkommen geworden sind, sondern jene Newton'sche Naturanschauung, welche die Astronomie zu ihrer Vollendung und die Physik zu den glänzendsten Entdeckungen führte."

Dieser Beurtheilung, oder vielmehr Verurtheilung der Stellung der Naturphilosophie unsers Jahrhunderts zur Chemie wollen wir nur einige Stellen aus Schelling's und Hegel's naturphilosophischen Schriften folgen lassen. Wir entnehmen zunächst der „Zeitschrift für speculative Physik" eine Stelle, in welcher Schelling eine Erklärung des chemischen Processes gibt, und die

zugleich als Probe der naturphilosophischen Sprache und Darstellungsweise überhaupt dienen kann:

„Die Natur strebt in der dynamischen Spähre nothwendig zur absoluten Indifferenz. Weder durch Magnetismus noch durch Elektricität wird die Totalität des dynamischen Processes dargestellt, sondern nur durch den chemischen Proceß. Mit der dritten Dimension des Products sind zugleich auch die beiden ersten gesetzt; in der Natur selbst ist eins und ungetrennt, was zum Behuf der Speculation getrennt wird. Im ersten Moment ist Vereinigung der Kräfte für die Anschauung und dynamische Identität beider, im zweiten dynamische Entgegensetzung und Getrenntsein beider für die Anschauung. Die zwei ersten Momente müssen vereinigt werden, um ein Reelles zu construiren. Die jetzt zu lösende Aufgabe wird also die sein: wie beide Kräfte zugleich dynamisch getrennt und für die Anschauung als identisch gesetzt sein können. Dies ist nur dadurch möglich, daß ihre Productionen in einer gemeinschaftlichen dritten dargestellt werden, welche, als durch wirkliches Durchdringen oder Multipliciren der Producte entstehend gedacht, die zweite Potenz der Fläche oder der Kubus sein muß. Die beiden Körper, die sich im elektrischen Proceß nur in den beiden Dimensionen verändern, verändern sich im chemischen Proceß in allen drei Dimensionen, oder gelangen zur wirklichen wechselseitigen Durchdringung, d. h. Darstellung einer gemeinschaftlichen Raumerfüllung. Das Schema des Magnetismus ist folglich die Linie, der Elektricität der Winkel, des Galvanismus, der selbst ein chemischer Proceß ist, das Dreieck. Im chemischen Proceß sind alle andern dynamischen nicht nur potentia, sondern actu enthalten. Kein Entstehen im chemischen Proceß ist ein Entstehen an sich, sondern bloße Metamorphose."

Schon früher haben wir in unserer Darstellung die Zusammensetzung des Wassers, sowie die Analyse desselben besonders ausführlich erörtert und gezeigt, daß in je neun Pfunden dieses Körpers acht Pfund Sauerstoff und ein Pfund Wasserstoff enthalten sind. Wir theilen jetzt mit, was nach Schelling's Wissenschaftslehre das Wasser ist. Es heißt dort wörtlich:

„Das Wasser enthält, ebenso wie das Eisen, nur in absoluter

Indifferenz, wie jenes in relativer, Kohlen- und Stickstoff, und so kommt alle wahre Polarität der Erde auf eine ursprüngliche, Süd und Nord, zurück, welche im Magnet fixirt ist." Und an einer andern Stelle: „Das Thier ist in der organischen Natur das Eisen, die Pflanze das Wasser. Denn jenes fängt von der relativen Trennung (der Geschlechter) an. Diese endet darin. Das Thier zerlegt das Eisen, die Pflanze das Wasser. Das weibliche und männliche Geschlecht der Pflanze ist der Kohlenstoff und Stickstoff des Wassers."

Von Hegel („System der Wissenschaft: Naturphilosophie") lassen wir hier einige Stellen über physikalische Elemente und den chemischen Proceß folgen: „Die so zu Momenten des Planeten herabgesetzten freien Qualitäten sind die physikalischen Elemente; der Planet ist daher erst wahrhaft Proceß, das realisirte thätige Wesen, weil er eine Totalität von Unterschieden an sich, als dem zu Grunde liegenden Substrate, darstellt. Das Moment der abstracten Identität, aber nicht mehr als passive Allgemeinheit, sondern als negative, verzehrende, auf die Besonderheit bezogene Allgemeinheit, ist die Luft, das verdachtlos schleichende Element. Die Elemente des Gegensatzes, als das für sich seiende, nicht mehr allgemeine, sondern individualisirte Verzehren, das im Verzehren sich selbst verzehrt, ist das Feuer; das gleichgültige Auseinanderfallen, das Wasser, als das Element der Neutralität. Die Erde endlich ist die feste Grundlage, an welcher diese Unterschiede ineinander übergehen."

Ebendaselbst, über den chemischen Proceß, erfahren wir Folgendes: „Wenn die Elektricität der zerbrochene Magnetismus war, indem in ihr die entgegengesetzten Pole selbständige Körper sind, an welche die positive und negative Elektricität vertheilt ist, und ebenso der Indifferenzpunkt, als die Explosion eines indifferenten Lichts für sich existirt, so ist der chemische Proceß dagegen die Totalität des Gestaltens. Wir haben zwei selbständige Körper, die mehr dem einen oder dem andern Extrem angehören, dem Metall oder dem Schwefel, sich in einem indifferenten Medium begegnen und durch Aufgebung ihrer abstracten Einseitigkeit, in die sie das

Medium zersetzen, zu einem dritten Körper sich verbinden, der die Totalität und Neutralität der Gegensätze ist; — der dynamische Proceß in seiner höchsten Vollendung."

Wenn solche Proben der Auffassung chemischer Verhältnisse bei den Meistern und Gründern der neuern philosophischen Schule sich finden, welche Verkehrtheiten mußte dies nicht für ihre Nachfolger und Schüler ergeben, und zwar nicht allein bei den jüngern eigentlichen Philosophen, sondern auch bei jenen, die das Schicksal hatten, im Beginn ihrer Studienzeit eine solche naturphilosophische Grundlage zu erhalten, um auf dieser Naturwissenschaften zu betreiben, und die nicht die Kraft besaßen, sich aus der unfruchtbaren Spielerei mit unverstandenen chemischen und physikalischen Ausdrücken herauszureißen.

Oersted — der berühmte Entdecker des Elektromagnetismus, der auf den telegraphischen Drähten jetzt durch die ganze Welt den Gedanken beflügelt — spricht sich hierüber folgendermaßen aus:

„Uebrigens hat das Weltbild, das selbst die höchsten Philosophen sich gebildet haben, durch den Mangel an Naturauffassung gelitten. Daß eine Weltanschauung ein Grundbestandtheil der Philosophie ist, brauche ich wol nicht zu beweisen; aber daß diese theils leer, theils vielfältig falsch sein muß, wenn sie nicht das Wesentliche der Wahrheiten aufnimmt, welche die Naturwissenschaft uns lehrt, ist nicht minder gewiß. Ungeachtet die Philosophen der Gegenwart nicht mit den Ergebnissen der Naturwissenschaft unbekannt sind, sehen sie doch so sehr davon ab, daß diese so gut wie keinen Einfluß auf ihre Forschung haben."

Was konnte unter solchen Umständen zwischen Chemie und Naturphilosophie für ein Verhältniß sich begründen? Jedenfalls kein gegenseitig förderndes. Die Chemiker mußten sich abwenden von einer Wissenschaft, in welcher bei völliger Unkenntniß der wichtigsten chemischen Grundsätze und Begriffe dennoch mit chemischen Namen und Processen ein bedeutungsloses Spiel getrieben wurde; ja sie mußten ein großes Mistrauen gegen die ganze Philosophie dieser Richtung erhalten. Und da sich die Chemie in ihrer wissenschaftlichen Bedeutung von der Philosophie gänzlich ignorirt sah,

ſo kehrte ſich das Verhältniß um, und wir finden die ausgezeichnetſten Chemiker der Gegenwart ihre ſchönen Forſchungen verfolgen, die wichtigſten Thatſachen der Natur enthüllen, die folgenreichſten Geſetze und Anwendungen daraus entwickeln, indem ſie dabei der ſeit Baco von Verulam begründeten und von Newton weiter geführten ſichern inductiven Methode folgten, gänzlich unbekümmert um die nebenher ſich bewegende moderne Naturphiloſophie, die bei allem Triumphgeſchrei ihrer Anhänger doch nirgends zu erheblichen Reſultaten führte. Ja nicht einmal auf Streitigkeiten und Widerlegung dieſer philoſophiſchen Richtung ließen ſich die Chemiker ein; denn es war bei dem Standpunkte der Parteien, nach welchem ein gegenſeitiges Verſtehen nicht ſtattfinden konnte — wie Schleiden es ſehr treffend bezeichnet — ein Kampf zwiſchen beiden ebenſo unmöglich als Krieg zwiſchen Spaniern und Mexicanern vor der Entdeckung Amerikas.

Es kann aber nicht anders als in hohem Grade wünſchenswerth erſcheinen, daß zwiſchen Philoſophie und exacter Naturforſchung, die Chemie hierin eingeſchloſſen, ein inniges Band geſchlungen werde, zu gegenſeitiger Befeſtigung und Erweiterung. Und es ſcheint, als ob gerade die jüngſte Gegenwart hierzu Anknüpfungspunkte biete. Wir ſehen einerſeits aus der Philoſophie ſelbſt Stimmen ſich erheben, welche, die ſeitherige Richtung verurtheilend, für alles philoſophiſche Forſchen den Weg der naturwiſſenſchaftlichen Methode empfehlen; wir ſehen andererſeits, wie die Unterſuchungen der Chemiker ſich mehr und mehr der Erörterung allgemeiner Fragen zuwenden, zu deren Durchdringung und Beantwortung der philoſophiſche Standpunkt nothwendig erſcheint.

Wennſchon einzelne, die ſeit Kant mit den philoſophiſchen Wiſſenſchaften ſich befaßten, nicht der Richtung von Schelling und Hegel anheimgefallen ſind, ſondern, wie Fries und Herbart, einen mehr naturwiſſenſchaftlichen und mathematiſchen Weg einſchlugen, ſo drangen dieſe die Berechtigung des Realen anerkennenden Denker nicht durch, gegenüber dem blendenden Glanze eines phantaſie- und phraſenreichen Idealismus. Entnehmen wir aber einem neuerdings aus der Herbart'ſchen Schule hervorge-

gangenen Werke: „Lehrbuch der Psychologie als Naturwissenschaft“ (Braunschweig 1852), von Waitz, einige Stellen, welche zeigen, wie in den Reihen der Philosophen selbst eine den Naturwissenschaften günstigere Reaction sich vorbereitet. In der Vorrede jenes Werks sagt der Verfasser: „Wie wenig es der modernen Philosophie Ernst war mit dem Idealismus, das ist an ihren Früchten zu Tage gekommen; denn sie hat nicht eine moralisch vertiefende und kräftigende Wirkung ausgeübt auf die Zeit, wie der ehrliche und echte Idealismus Kant's und Fichte's, sondern eine erschlaffende und verflachende.“ Ferner: „Ich darf mir an dieser Stelle die Untersuchung darüber ersparen, durch welche für die deutsche Wissenschaft so beschämenden Umstände es möglich war, daß man unter dem Namen der Philosophie eine Zeit lang nur jenen scholastischen Idealismus und eine ihm verwandte Denkweise verstanden hat. Daß es sich aber so verhielt und theilweise noch so verhält, begründet in mir die Besorgniß, es werde das vorliegende Buch von den Naturforschern für ein « philosophisches » angesehen und schon um dieses Namens willen verurtheilt werden; denn darüber, daß es von andern als ein unphilosophisches, empiristisches beiseite gelegt werden wird, bin ich außer Sorge, weil man verschiedener Meinung darüber sein kann, ob in diesem Umstande mehr Lob oder Tadel liege.“

Finden wir hier nicht eine Verurtheilung der Philosophie des neunzehnten Jahrhunderts von seiten eines Philosophen ebenso entschieden ausgesprochen, als dies früher von seiten des Chemikers geschehen? Sehen wir nicht aber zugleich in diesen Worten den Drang enthalten, Philosophie und Naturwissenschaft in Wechselwirkung und Uebereinstimmung zu bringen? Ein Bestreben, das in solcher Weise sich kundgibt, wird sicherlich von den Naturforschern nicht zurückgewiesen, sondern freudig aufgenommen werden! Beweis hierfür ist die Anerkennung, mit welcher Liebig in seiner Vorrede zur Thierchemie über das philosophische Werk eines englischen Autors mit folgenden Worten sich ausspricht: „Derselbe (nämlich Liebig) kann hierbei nicht verschweigen, wie groß der Nutzen gewesen ist, den ihm für diesen Zweck das Studium von John Stuart

Mill's «A System of Logik etc.» gewährt hat, ja er glaubt, daß ihm kein anderes Verdienst hierbei zukommt, als daß er. einzelne von diesem eminenten Philosophen aufgestellte Grundsätze der Naturforschung ausgeführt und auf einige specielle Vorgänge angewendet hat." Schlagen wir nun das Werk des britischen Philosophen, seitdem unter dem Titel „Die inductive Logik u. s. w." in deutscher Uebersetzung von Schiel (Braunschweig 1849) herausgegeben, auf, so finden wir wieder in dem Abschnitte „Von der Erklärung der Naturgesetze" mehrere Untersuchungen und Betrachtungen Liebig's, z. B. über Respiration, Contagien u. s. w., als bewundernswerthe Beispiele von dem Geiste der deductiven Methode angeführt, und wir erkennen hierin eine förderliche Wechselwirkung zwischen Philosophie und Chemie.

2. Verhältniß der Chemie zur Physiologie, Medicin und Pharmacie.

Wenn eine jede Wissenschaft an und für sich ein so hohes Interesse darbietet, daß wir nicht selten die ganze Lebensthätigkeit einzelner derselben gewidmet und darin aufgehen sehen, so ist dies doch eben nur für diejenigen der Fall, die in einer Richtung des Wissens und Forschens sich vertiefen, sich vollständig derselben hingeben können. Andern, die, wie die große Mehrzahl der Menschen, nicht in wissenschaftlichen Berufsweisen sich bewegen, wird es schwer fallen, wo nicht unmöglich werden, das Interesse zu verstehen und zu theilen, das die reine Wissenschaft gewährt. Dies macht sich für jeden fühlbar, der es versucht, für irgendein wissenschaftliches Gebiet das allgemeine Interesse durch eine Darstellung desselben zu erwecken. Sowie jedoch eine Seite der Wissenschaft erfaßt wird, die von Einfluß ist auf die allgemeinsten Erscheinungen, Bedürfnisse und Wünsche des Menschen, so ist auch das allgemeine Interesse erregt: es sind die Handhaben gefunden, an welchen es gelingt, die Menge von dem Nutzen der angewendeten Wissenschaft zur Schönheit ihrer Wahrheiten emporzuheben. Das Verdienst aller sogenannten populären wissenschaftlichen Darstellungen beruht daher

weniger darin, ein Interesse für die Wissenschaft zu erwecken, als ein unbewußt vorhandenes entsprechend zu befriedigen.

Warum ist denn nun ein so allgemeines Interesse für die Chemie erwacht, daß sich in neuerer Zeit Männer von Fach angeregt fanden, die Resultate der wissenschaftlichen Forschung dem großen Publicum in gemeinfaßlichen Darstellungen zu erörtern. Der Grund hiervon ist kein anderer, als daß die Chemie die Beantwortung von Fragen versucht und theilweise gegeben hat, die mit dem Leben, der Gesundheit, dem Wohlergehen eines jeden Menschen in innigem Zusammenhange stehen, für die daher überall Interesse und Empfänglichkeit vorhanden sein muß.

Die Physiologie, die als Gegenstand den ganzen Lebensproceß, die Ernährung, Entwickelung und Fortpflanzung des Organismus hat, ist vorzugsweise das Gebiet, durch welches die Chemie in der neuern Zeit in weiten Kreisen Verbreitung erlangt hat; und wir sind hier an dem eigentlichen Glanzpunkte dieser Wissenschaft in ihrem heutigen Auftreten angekommen. Ueber viele Erscheinungen des täglichen Lebens, über viele dunkle Stellen im geheimnißvollen Walten des Organismus hat die Chemie ein überraschendes Licht verbreitet, sodaß eben dadurch bei vielen der Wunsch erregt wurde, über eine Wissenschaft näher unterrichtet zu sein, die als Schlüssel zu den verborgensten Stätten, als Leitfaden zu dem verwirrtesten Labyrinthe führt.

Die Frage: „Was ist Leben?“ war von jeher eine Lebensfrage der Wissenschaft. Auf das verschiedenste sehen wir im Verlaufe der Geschichte ihre Beantwortung versucht, bald auf theosophische, philosophisch-speculative, alchemistische, anatomische, mechanische, physikalische, chemische Weise soll das große und ewige Räthsel gelöst werden, und von den dunkeln Aussprüchen geheimnißvoll rauschender Quellen bis zu den astrologischen Deutungen der Gruppirung Billionen von Meilen entfernter Gestirne wurde keine Erscheinung unbeachtet gelassen, ohne ihr einen gewissen Einfluß auf den Organismus mit mehr oder weniger Grund zuzuschreiben. Diese Richtungen wechseln, je nach den für eine gewisse Zeit hervortretenden Erfolgen der einen oder der andern. Wir haben schon

oben gezeigt, wie eine Zeit lang alle organische Thätigkeit in Säure und Lauge aufging; später, nach Entdeckung und Anwendung des Mikroskops, erwartete man von der Zergliederung ins Feinste alle Erklärung zu erhalten; die Beobachtungen über thierische Elektricität machte auf eine Zeit lang den Körper zu einer Elektrisirmaschine und seine Functionen zu Ladungen, Entladungen, Anziehungen und Abstoßungen; die Naturphilosophie endlich mühte sich ab in mysteriösen Bildern.

„Das Blut", sagt Hegel, „als die achsendrehende, sich um sich selbst jagende Bewegung, dies absolute Insicherzittern ist das individuelle Leben des Ganzen, in welchem nichts unterschieden ist — die animalische Zeit. Alsdann entzweit sich diese achsendrehende Bewegung in den kometarischen und atmosphärischen und in den vulkanischen Proceß. Die Lunge ist das animalische Blut, welches sich zur Atmosphäre verhält und diesen sich unterbrechenden und herstellenden, aus- und einathmenden Proceß macht. Die Leber ist dagegen das aus dem kometarischen in das Fürsichsein, in das lunarische Zurückkehren, es ist das seinen Mittelpunkt suchende Fürsichsein, die Hitze des Fürsichseins, der Zorn gegen das Andersein und das Verbrennen desselben."

Diese unergründlich tiefsinnige Erklärung kann uns aber keineswegs befriedigen, und wir müssen die Frage wiederholen: Was ist Leben?

Es liegt die Periode nicht fern, ja ist in einzelnen Beispielen noch fortdauernd, wo die Antwort also lautete: „Die Lebenserscheinungen sind die Wirkungen einer eigenthümlichen, den Organismen innewohnenden Kraft, die daher Lebenskraft, vis vitalis, genannt wird." Man darf annehmen, daß diese Definition das Eindringen in ein besseres Erkennen der Lebenserscheinungen viel mehr gehemmt als gefördert hat. Der Belehrung Suchende durfte irgendeine beliebige Frage stellen, über diese oder jene Verrichtung, die Antwort blieb niemals aus: sie war die Wirkung der Lebenskraft. In der Regel begnügte man sich hierbei, zufrieden gestellt durch das magische, überall helfende Wort, nach dem bewährten Spruche:

Denn eben wo Begriffe fehlen,
Da stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein.

Versuchen wir nun die Vorstellung zu vermitteln, welche sich die Naturforschung auf ihrem gegenwärtigen Standpunkte vom Leben und seinen Erscheinungen gebildet hat. Dieselbe betrachtet, von der Anatomie und Mikroskopie unterrichtet, den Organismus sowol der Thiere wie der Pflanzen, als ein aus wunderbar kleinen und zarten Gebilden, aus Zellen, Gefäßen und Geweben zusammengefügtes Ganzes, dessen Materie nach den Untersuchungen des Chemikers aus einer gewissen Anzahl einfacher Stoffe besteht, die in chemischer Wechselwirkung begriffen sind, und innerhalb dessen das Auge des Physikers die Schwere, die Wärme, die Elektricität, die Durchsaugung (Endosmose), die Haarröhrenanziehung (Capillarität), die Elasticität und andere physikalische Einflüsse thätig wirksam erblickt. Es erscheint hiernach das Leben als die Gesammtwirkung chemischer und physikalischer Kräfte innerhalb des Organismus, nach denselben Gesetzen, die auch außerhalb desselben Geltung haben. Es ist keine besondere Kraft vorhanden, wodurch die Wirkungen der genannten chemischen und physikalischen Thätigkeiten im lebendigen Körper aufgehoben und vernichtet, oder in Richtungen wirksam werden, die im Widerspruch stehen mit den ihnen sonst zukommenden. Allein daß eine solche Mannichfaltigkeit von Kräften, vereinigt auf einem so engen, fein ausgeführten Schauplatze, wie im Organismus, eine Reihe höchst verwickelter, sich gegenseitig bedingender und kreuzender Erscheinungen hervorrufen und hierdurch dem Studium derselben außerordentliche Schwierigkeiten bereiten muß, liegt auf der Hand. Hierin besteht eben die Schwierigkeit des Studiums der Physiologie, daß niemals eine Seite der mitwirkenden Agentien in ihrer reinen Consequenz sich durchführen läßt, und hierin liegt die Erklärung, daß weder der Anatom für sich, noch der Physiker, noch der Chemiker allein das Leben zu erklären im Stande ist. Hier muß also die Gesammtnaturwissenschaft zusammenwirken, um nach und nach Einsicht zu erlangen über den Antheil, welchen einzelne ihrer Zweige an der Gesammterscheinung des Lebensprocesses haben.

Einzuräumen ist jedoch, daß wesentliche Punkte der Lebensthätigkeit den der Naturwissenschaft gegenwärtig zu Gebote stehen-

den Mitteln unzugänglich bleiben werden. Hierher gehört z. B. die Ursache der Bildung der Formen, sowol der einfachsten, wie Zellen und Gewebe, als auch der aus ihrer Gruppirung hervorgehenden Organe. Es verhält sich hier ähnlich, wie bei dem krystallisirten Mineral. Wir kennen aufs genaueste seine chemische Zusammensetzung und die geometrischen Verhältnisse seiner Gestalt; allein wir sind ganz im Dunkeln über die Ursache, welche die Theilchen des einen Minerals mit stetiger Gesetzmäßigkeit zu Würfeln, die des andern zu Säulen u. s. w. anordnet. Wir sind allerdings genöthigt, in den Organismen eine bildende Lebenskraft anzunehmen, um mit diesem Worte die uns unbekannte Ursache der plastischen Erzeugnisse des Lebens zu bezeichnen, und nur in diesem Sinne finden wir den Ausdruck „Lebenskraft" mit Berechtigung von Naturforschern angewendet.

Welchen Antheil nimmt nun die Chemie an der Aufklärung der Lebenserscheinungen? Wir sagen, den allergrößten; denn Alles, was sich auf den im Organismus vorhandenen Stoff, seine Aufnahme, Ausscheidung und Umbildung u. s. w. bezieht, kann nur unter Zuziehung chemischer Untersuchung eine Erklärung finden.

Es ist nicht gestattet, hier ins Einzelne der zahlreichen und mühevollen chemischen Untersuchungen im organischen Gebiete einzugehen; allein die Aufzählung einiger Cardinalpunkte, welche man durch dieselben jetzt als festgestellt ansieht, soll nachfolgend gegeben werden.

1) Die Organismen, sowol des Thier- als Pflanzenreichs, bestehen aus einer beschränkten Anzahl von chemischen Elementen. Dieselben sind, ungefähr ihrem quantitativen Range nach geordnet, die folgenden: Sauerstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Calcium, Schwefel, Silicium, Kalium, Natrium, Magnesium, Phosphor, Chlor, Eisen. Es finden sich zwar hier und da auch noch einige andere Stoffe in Thier- und Pflanzenkörpern, allein theils nur in solch unbedeutender Menge, theils so schwankend, daß ihre Anwesenheit mehr zufällig erscheint.

2) Kein Organismus läßt sich unmittelbar durch das Zusammenbringen seiner elementaren Bestandtheile erzeugen; es ist hierzu

immer das Vorhandensein eines bereits organisirten Anfangs nothwendig, beim Thiere das Ei, bei der Pflanze die Keimzelle.

3) Kein Organismus besitzt die Fähigkeit, irgendein Element zu erzeugen oder ein Element in ein anderes umzuwandeln; was in demselben angetroffen oder von demselben abgesondert wird, ist vorher von außen aufgenommen worden.

4) Die Pflanze ernährt sich von unorganisirten chemischen Verbindungen; Wasser, Kohlensäure und Ammoniak sind ihre Hauptnahrungsmittel; die von ihr aufgenommene Nahrung dient lediglich zur Vermehrung ihrer Masse.

5) Die beim Verbrennen einer Pflanze in Form von Asche zurückbleibenden mineralischen Stoffe sind, ungeachtet ihrer geringen Menge, als wesentliche Bestandtheile der Pflanze anzusehen. Sie werden ihr, in Wasser gelöst, aus dem Boden durch die Wurzel zugeführt. Dieselben sind in jeder Pflanze in bestimmter Auswahl und Menge vorhanden; und obgleich hierin gewisse Schwankungen stattfinden, so kann doch keine Pflanze in einem Boden gedeihen und namentlich keinen Samen hervorbringen, wenn diesem jene mineralischen Stoffe, z. B. Kieselerde, Kali, Natron, Kalk, Phosphorsäure u. s. w., fehlen.

6) Der Mensch und die Thiere bedürfen als Nahrung organisirter Körper entweder pflanzlicher oder thierischer Abkunft. Diese Nahrung dient bei denselben dreierlei Zwecken: zur Vermehrung der Körpermasse solange Wachsthum stattfindet, zum Ersatz verbrauchten Stoffs, zur Unterhaltung des Athmens.

7) Jede Bewegung des Thierkörpers ist bedingt durch einen entsprechenden Verbrauch an Körpermasse. Stickstoffhaltige Körpertheile, wie insbesondere die Muskel, können nur durch stickstoffhaltige Speisen wieder ersetzt werden. Letztere werden daher als die eigentlich ernährenden angesehen und stoffbildende, plastische Nahrungsmittel genannt; ihr Werth wird im allgemeinen nach der Größe ihres Stickstoffgehalts geschätzt. Stickstofffreie Substanzen, wie Fett, Stärke, Zucker können für sich allein weder das Wachsthum noch das Leben eines Thieres überhaupt auf längere Dauer unterhalten.

8) Mit jedem Athemzug nimmt der Thierkörper eine gewisse

Menge von Sauerstoff auf, der innerhalb seines Organismus chemisch gebunden wird. Die hieraus entstehende und entsprechende Wärmemenge theilt sich dem Blute mit und dient zur Erwärmung des Gesammtkörpers. Jedes Ausathmen des Thierkörpers besteht in einer Abgabe von Oxydationsproducten, nämlich von Kohlensäure und Wasser; mit jedem Athemzug erleidet daher die Körpermasse einen Verlust an ihrer Quantität.

9) Der durch das Athmen entstehende Verlust muß dem Körper durch Speise fortwährend ersetzt werden und es dienen hierzu vorzugsweise die stickstofffreien Stoffe, wie Fett, Stärke und Zucker, welche daher auch als die erwärmenden Nahrungsmittel oder Respirationsmittel bezeichnet werden. Ihr Verbrauch steht in einem nachweisbaren Verhältniß zur Dichte und Temperatur der Luft, sowie zur Frequenz der Athemzüge.

10) Die fleischfressenden Thiere, sodann die blut- oder milchsaugenden finden in ihren Nahrungsmitteln die einfachen Stoffe bereits zu denjenigen Verbindungen vereinigt vor, aus welchen ihr eigener Körper besteht. Ihr Verdauungsgeschäft ist daher kurz, einfach und beruht weniger auf chemischer Umsetzung: es ist vielmehr ein Act der Auflösung, Aneignung (Assimilirung) des Verwendbaren und Ausscheidung des Unverwendbaren.

11) Auch das pflanzenfressende Thier findet im Pflanzenkörper chemische Verbindungen bereits gebildet vor, die mit seiner Muskelfaser und seinen Eiweißgebilden wenn nicht Identität, doch die größte Annäherung an übereinstimmende Zusammensetzung haben; auch sein Verdauungsgeschäft erscheint in dieser Hinsicht weniger ein chemisch umsetzendes, als vielmehr durch Auflösung trennendes. Allein die Pflanzenstoffe, wie Heu u. s. w., enthalten in jenen assimilirbaren Verbindungen eine große Menge der Auflösung widerstehender, für den Thierkörper unbrauchbarer, unverdaulicher Substanz, z. B. Holzfaser, beigesellt. Das Verdauungsgeschäft der Pflanzenfresser wird daher langwieriger und verwickelter, wie durch den Verdauungsapparat der Wiederkäuer angedeutet ist.

12) Wenn auch die Verdauung an sich weniger als ein chemisch umsetzender Proceß erscheint, so ist dieser Proceß doch von

vielen chemischen Umsetzungen, die mit demselben im Zusammenhang stehen, begleitet. Als Beispiele chemischer Processe im Organismus sind hervorzuheben: die Einwirkung des beim Einathmen der Atmosphäre entnommenen Sauerstoffs auf das Blut; die Ueberführung der durch die Bewegung aufgeriebenen Körpersubstanz in eine Reihe von Verbindungen, die durch den Urin abgeschieden werden; endlich die Umsetzung von Stärke und Zucker in Fett und andere mehr.

Wir könnten die Reihe chemischer Ergebnisse und Grundsätze aus dem Gebiete der Physiologie noch vermehren; allein theils beziehen sich dieselben auf Erscheinungen von mehr vereinzelter Bedeutung, theils erfordert ihr Verständniß ein tieferes Eingehen in die Materie, als hier gestattet ist. Es mußten ebendeshalb die vorstehenden Sätze mehr in dogmatischer Form auftreten, wobei jedoch nicht zu vergessen ist, daß sie nur der Ausdruck der sorgfältigsten, mühsamsten Beobachtungen und ihrer Combination sind. Auch erscheinen mehrere dieser Sätze keineswegs als ganz neu oder als besonders merkwürdig: sie bestätigen zum Theil nur alte, rohe Erfahrungen. Allein gerade die erklärende Weise, in welcher sie jetzt aufgestellt werden, verleiht denselben eine so hohe Bedeutung. Daß Fleisch und Hülsenfrüchte nahrhafter seien als Obst und Kartoffeln, daß eine starke Mahlzeit die erwärmende Wirkung eines innerlichen Ofens hat, waren längst bekannte Thatsachen. Die klare Einsicht in diese Verhältnisse verdanken wir jedoch erst der physiologischen Chemie der Gegenwart. Es ist hier, wie mit den Himmelserscheinungen: sie blieben äußerlich die alten bekannten, auch nachdem der durchdringende Geist eines Kopernicus den wahren Zusammenhang ihres Verlaufs aufgeklärt hatte.

Physiologisch-chemische Versuche von wissenschaftlich brauchbarem Werthe ließen deshalb so lange auf sich warten, weil ihre Ausführung mit ungemeinen Schwierigkeiten verbunden ist. Alles Experimentiren am lebendigen Körper schließt sogleich den Einwurf ein, daß durch das Experiment selbst schon in das natürliche Verhältniß störend eingegriffen und dadurch ein unzuverlässiges Resultat erlangt werde. Welche Hindernisse stellen sich z. B. der genauen quantitativen Untersuchung des Athmungsprocesses entgegen! Denn bringen wir zu

diesem Zwecke Thiere und Menschen in abgeschlossene Behälter, so ändern wir hierdurch schon die Bedingungen, unter welchen das Athmen gewöhnlich stattfindet. Nur durch Umänderung der untersuchenden Methode, indem verschiedene Wege zur Aufklärung derselben Erscheinung eingeschlagen wurden, gelang es in vielen Fällen, ganz genaue Resultate zu erhalten oder doch die Beobachtungsfehler in so bestimmte Grenzen einzuschließen, daß man der Wahrheit in hohem Grade nahe gekommen ist.

Zur Feststellung des chemischen Antheils an den Lebenserscheinungen werden hauptsächlich die folgenden vier Methoden in Anwendung gebracht, die wir in Uebereinstimmung mit Lehmann in seinem „Lehrbuch der physiologischen Chemie" nachstehend bezeichnen wollen: die qualitative und quantitative analytische Voruntersuchung, die physiologisch-experimentelle Methode, die statistische Methode und endlich die vergleichend analytische Methode.

Die erste Frage ist natürlich die: aus was besteht der Pflanzen- und Thierkörper und in welchen Verhältnissen? Erst mit der größern Ausbildung der organischen Analyse durch Liebig konnten hier befriedigendere Antworten erhalten werden. Eine Menge von Stoffen, die in größerer oder geringerer Masse in den organisirten Körpern angetroffen werden, wie Zucker, Pflanzensäuren, Stärke, Pflanzenbasen, Milchsäure, Harnsäure, Harnstoff, Kreatin, Fette, sind in ihrer chemischen Zusammensetzung aufs genaueste bestimmt worden. Allein bei vielen andern, zum Theil der wichtigsten Stoffe, sind wir nur in annähernder Kenntniß über ihre quantitative Zusammensetzung. Es sind dies solche, die nicht, wie die oben genannten, durch ihre Krystallisirbarkeit oder durch sonstige Eigenschaften rein darzustellen sind.

Die eiweißartigen Stoffe, die in den Organismen eine so wichtige Rolle spielen, bieten in dieser Beziehung große Schwierigkeiten dar. Viele Substanzen lassen zwar ihre Anwesenheit durch Geruch, Geschmack oder Farbe erkennen, allein ihre Menge ist so gering, ihre Isolirung so unthunlich, daß auf nähere Bestimmung vorerst noch verzichtet werden werden muß. Ein weiterer Umstand, welcher diese Untersuchungen erschwert, ist der, daß die Methoden der

Abscheidung und Reindarstellung solcher organischer Substanzen leicht schon verändernd auf den Gegenstand einwirken, sodaß leicht die Frage entsteht, ob das Untersuchte identisch mit dem im Thierkörper enthalten gewesenen Stoff oder nicht vielmehr bereits ein chemisches Zersetzungsproduct desselben geworden ist.

Nehmen wir als Beispiel nur die chemische Untersuchung des Bluts, welches Wasser, Eiweiß, Faserstoff, Blutkügelchen, Fett, phosphorsaure Salze, gasförmigen Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure enthält, so begegnen wir den größten Schwierigkeiten, hier vollkommen genaue Bestimmungen zu erhalten, da in dem Momente, wo wir diese Flüssigkeit dem Organismus entnehmen, der Sauerstoff der Atmosphäre und die Zersetzung ihrer Bestandtheile unter sich verändernd auf dieselbe einwirken.

Nichtsdestoweniger hält man sich durch die bisherigen Untersuchungen über die elementare Zusammensetzung der organisirten Körper im Ganzen für hinreichend orientirt, um einige der wichtigern allgemeinen Fragen beantworten zu können.

Eine weitere Reihe von Versuchen sind die physiologisch-experimentellen an lebenden Thieren und Pflanzen. Dieselben können in verschiedener Weise angestellt werden. Zunächst stellt man sich die Aufgabe, die Veränderungen, von welchen gewisse Lebensprocesse begleitet sind, zu verfolgen, ohne irgend auf die Verrichtung des betreffenden Organs anders einzuwirken, als daß seine Thätigkeit in bestimmten Zeitpunkten unterbrochen und das Ergebniß davon untersucht wird. Auf diese Weise läßt sich z. B. die im bebrüteten Ei, im keimenden Samen vorgehende chemische Veränderung verfolgen, sowie das Voranschreiten des Verdauungsprocesses. Ein anderes Verfahren besteht darin, daß dem Thiere oder der Pflanze entweder ungewöhnliche Nahrungsmittel oder gewöhnliche unter besondern Umständen gereicht werden, z. B. wenn Gänse nur mit Fleisch, Hunde ausschließlich mit Fett oder mit Stärke gefüttert werden, wenn Pflanzen in ganz humusfreiem Boden oder in reinem Humus erzogen werden. In erstere Reihe gehören die ausgezeichneten Versuchsreihen von Tiedeman und Gmelin, die wir um so höher anschlagen, als bei denselben, neben andern

Schwierigkeiten, das gegen grausam erscheinende Thierquälerei sich auflehnende Gefühl zu überwinden war, welches ein Haupthinderniß der Vervielfältigung derartiger Untersuchungen ist.

Es gehören hierher ferner die Versuche, die geradezu mit chirurgischen Eingriffen in den Thierkörper verbunden sind, wie z. B. Anlegung künstlicher Magenfisteln an Hunden, um durch diese Oeffnungen von Zeit zu Zeit den Magensaft oder die Producte seiner Einwirkung herausnehmen zu können, oder die Beseitigung gewisser Organe, wie z. B. der Nieren, der Milz, der Gallensecretion, um aus den jetzt abweichenden Erscheinungen Schlüsse auf ihren naturgemäßen Einfluß zu ziehen.

Aus dem Gebiete der Pflanzenphysiologie ist hier an die vielfachen Versuche zu erinnern, Pflanzen in gewissen Stoffen von bekannter chemischer Beschaffenheit, z. B. in Schwefelblüte, Quarzpulver, reinem Kohlenpulver u. s. w., zu erziehen; oder den Wurzelfasern derselben Auflösungen gewisser Stoffe darzubieten, Ammoniak, Farbstoffe, Salze, organische und unorganische Gifte. Auch van Helmont's schon früher beschriebener Versuch ist hier einzureihen.

Fast alle Untersuchungen der angeführten Art sind theils kostspielig, theils mit großen Schwierigkeiten und Unannehmlichkeiten in der Ausführung verknüpft und haben bei den mehr oder minder gewaltsamen Eingriffen in den Organismus nur einen bedingten Werth. Schlüsse aus denselben sind mit aller Umsicht zu ziehen und nur mit Vorsicht zu allgemeiner Bedeutung zu erheben.

Umsomehr empfiehlt sich diejenige chemische Untersuchungsmethode, welche passend als die statistische bezeichnet wird. Wir glauben über die innere Wohlfahrt eines Volks, sowol was das gemeine Bedürfniß als auch die feinern und geistigern Genüsse desselben betrifft, sowie überhaupt über die Bedeutung seines ganzen innern Lebens einen sehr maßgebenden Anhaltepunkt zu haben, wenn aus sichern statistischen Angaben uns bekannt geworden, wie groß die Bevölkerung und Besteuerung des Landes ist, was es producirt, wie viel es davon ausführt, was und wie viel es vom Auslande einführt. Es zeigt sich hierbei, daß, während es oft ganz unmöglich ist, den Einfluß irgendeiner Maßregel auf einzelne Ge-

werbe oder Producte für sich richtig zu würdigen, und gleichviel Gründe für und gegen dieselbe sich geltend machen, eine Auffassung der Gesammtverhältnisse auf einmal jene Frage in das entscheidende Licht stellt, ihren ganzen Werth oder Unwerth deutlich hervortreten läßt. Mit Recht erwarten wir von einer weitern Ausbildung der Statistik, namentlich für Deutschland, die nothwendigste Grundlage zur Würdigung international-ökonomischer Fragen.

Auf diesen Standpunkt der Thier- und Pflanzenwelt gegenüber stellte sich insbesondere Liebig. Wo das Resultat im einzelnen nicht zu verfolgen, nicht sicher festzustellen war, da wendete er sich an ein Ganzes. Statt des Baums, des Halms für sich, betrachtete er den Wald, die Wiese und ihre Functionen im großen Ganzen. Anstatt die Resultate des Athmungsprocesses durch das Athmen während einzelner Stunden oder Tage zu bestimmen, mit allen den Schwankungen, die durch Alter, Geschlecht, Stimmung u. s. w. veranlaßt werden, suchte er aus der Speisezufuhr ganzer Haushaltungen, Kasernen und Strafanstalten zu bestimmen, wie viel Kohlenstoff täglich ein Mann durchschnittlich verzehrt und wie viel hiervon nach Abzug der übrigen Secretionen auf den Austritt als Kohlensäure durch die Lunge kommt.

Auf eine ähnliche Weise suchte derselbe Chemiker nachzuweisen, daß im ganzen die in der Atmosphäre enthaltene Kohlensäure es ist, von welcher alle Vegetation ihren Kohlenstoffgehalt bezieht. Er berechnete, was dem cultivirten Ackerboden an Kohlenstoff jährlich mit der Ernte genommen und was demselben im Dünger zugeführt wird; er zeigte namentlich, daß Rieselwiesen jahrhundertelang viele Centner von Kohlenstoff jährlich ausführen, ohne jemals dafür einen andern Ersatz erhalten zu können als den aus der Atmosphäre genommenen.

Wenn Liebig's Ausführungen in diesem Sinne, die er noch auf weitere Fragen ausdehnte, nicht immer die vollste Schärfe und ganze Zuverlässigkeit haben, so liegt dies hauptsächlich daran, daß ihm fast überall das statistische Material fehlte, als er seine geniale Uebersicht zu gewinnen suchte; er befand sich in ähnlicher Lage wie List, dem zur Beleuchtung der deutschen nationalökonomischen Fra-

gen fast durchgehends die Hauptsache fehlte — zuverlässige statistische Angaben und Vorarbeiten.

Mit ganz vorzüglichem Erfolg, mit einer Umsicht und Sorgfalt, die als Muster für Untersuchungen dienen, verfolgte den eingeschlagenen Weg Bouſſingault, der, ausgerüstet mit chemischen Kenntnissen und im Besitze eines schönen Landguts, ganz in der Lage sich befindet, mit Erfolg an der Lösung dieser verdienstvollen Aufgabe sich zu betheiligen. Unter seinen Arbeiten sind hauptsächlich diejenigen hervorzuheben, in welchen er den Werth des verschiedenen Futters und insbesondere das Verhältniß des Stickstoffgehalts desselben zur Ernährungsfähigkeit zu bestimmen sucht.

Endlich haben wir als letzte der physiologisch-chemischen Methoden die vergleichend analytische oder die Methode der Analogie anzuführen, in welcher ebenfalls Liebig die Richtung angedeutet und durch seine Schule verfolgt hat. Sie besteht in Folgendem: Wir sehen, wie vom lebendigen Thier- und Pflanzenkörper mancherlei Stoffe von uns bekannter Zusammensetzung aufgenommen werden, in demselben eine chemische Zersetzung erleiden, und es sind uns auch die aus letzterer hervorgehenden Endproducte bekannt. So z. B. sind Kohlensäure und Wasser die Endproducte der Zersetzung aller Stoffe, welche das Athmen unterhalten, wie der Stärke, des Zuckers, der Fette. Das Endresultat ergibt sich, wenn diese Stoffe in freier Luft oxydirt, d. i. verbrannt werden. Allein im Blute, in welchem die Oxydation jener Stoffe vorgeht, scheint dies keineswegs so direct zu geschehen wie bei der Verbrennung in freier Luft. Liebig ist vielmehr der Ansicht, daß die Einwirkung des Sauerstoffs nur eine allmähliche sei, daß er zunächst, mit Antheilen des Wasserstoffs jener Substanzen sich verbindend, eine Reihe von immer sauerstoffreichern und wasserstoffärmern Verbindungen darstelle, bis als Endwirkung nur Kohlensäure und Wasser sich ergebe. Eine weitere Frage ist die, ob die stickstoffhaltigen, eiweißartigen Nahrungsmittel geeignet seien, in Thierkörpern zur Fettbildung verwendet zu werden.

Da beide Fragen sich nicht durch directe Verfolgung der Umsetzung im Thierkörper selbst entscheiden lassen, so wurden einerseits

Fette und andererseits eiweißartige Stoffe einer langsam oxydirenden Einwirkung ausgesetzt und dabei Resultate erhalten, welche zu einer Unterstützung der oben geäußerten Ansicht dienen können.

Im Pflanzenkörper gehen ebenfalls gewisse Umsetzungen vor, die eine ähnliche Verfolgung außerhalb desselben wünschenswerth machen. Am bekanntesten ist der Uebergang der Stärke in Zucker beim Keimen der Getreidekörner, der Säuren in Zucker und Schleim beim Reifen und Ueberreifen der Früchte.

Vergleichen wir die Art und Weise, wie die gegenwärtige Chemie die Lebensfragen der Physiologie im doppelten Sinne des Worts zu lösen sucht, mit den willkürlichen Annahmen und einseitigen und planlosen Versuchen der frühern Perioden, so unterliegt es keinem Zweifel, daß der eingeschlagene Weg zu noch weitern erfolgreichen Aufklärungen in diesem Gebiete führen muß. Wie sehr man gerade hier der Belehrung und dem Verständniß begierig entgegensieht, beweist die ungemeine Theilnahme, mit welcher die Schriften von Liebig, Schleiden und Mulder, sowie die damit ververbundenen Streitschriften vom großen Publicum aufgenommen worden sind. Gerade jene Erörterungen über Ernährung, Werth und Rolle der Nahrungsmittel für Thier und Pflanze waren es, die auch außerhalb der wissenschaftlichen Kreise das Interesse für die Chemie erregten, welche sich für berechtigt hält, in diesen Fragen die entscheidende Antwort zu ertheilen.

Auch hat es nicht an vielfachen Bemühungen gefehlt, diese allgemein wichtigen Thatsachen in allgemein verständlicher Weise darzustellen, und indem wir hier nur Liebig's „Chemische Briefe" und Schleiden's Schrift: „Die Pflanze und ihr Leben", hervorheben, erwähnen wir noch als Curiosum, daß in England, dem Lande der praktisch gewordenen Ideen, vor einigen Jahren unter dem Namen „Liebig's Welt" ein Mikrokosmus angekündigt und vorgezeigt würde, der bestimmt war, die Wechselwirkung und den Kreislauf zwischen Thier, Pflanze und organischer Materie augenfällig darzustellen.

Es besteht aber diese kleine Welt aus einer hohlen Glaskugel, die verschlossen ist und in welcher sich Luft, Wasser, eine Anzahl

Wasserpflanzen und Wasserschnecken, sowie einige kleine Fische befinden, die sich gegenseitig zum Unterhalt dienen, unabhängig von der großen Außenwelt, nachstehenden theoretischen Folgerungen gemäß: Die Wasserpflanzen finden theils im Wasser ihre Ernährungsstoffe, theils entnehmen sie der Luft Kohlensäure und geben ihr Sauerstoff zurück; die Schnecken, als Vertreter der pflanzenfressenden Thierwelt, ernähren sich von jenen Wasserpflanzen und dienen ihrerseits den Fischen, die als Fleischfresser auftreten, zur Nahrung. Den eingeschlossenen Thieren dient der von den Pflanzen ausgeschiedene Sauerstoff, den Pflanzen dagegen die von jenen ausgeathmete Kohlensäure, sowie die Zersetzungsproducte ihrer Excremente als Lebensmittel. Ist auch das Ganze nur eine Spielerei zu nennen — denn niemand wird es im Ernste einfallen, daß in so kleinem Maßstabe die nothwendigen Verhältnisse zum wechselseitigen Bestehen der Naturreiche zu treffen und für die Dauer zu erhalten seien —, so läßt sich doch eine dadurch gegebene Veranschaulichung des Kreislaufs innerhalb und zwischen der organischen und unorganischen Natur nicht verkennen.

Die überraschenden Resultate, welche die physiologische Chemie bei gleichzeitigem Fortschritt in der feinern Anatomie, unter Zuziehung des Mikroskops sowie der physikalischen Agentien, insbesondere der Elektricität gewährten, riefen eine bis zur Begeisterung gesteigerte Erregung der näher Betheiligten hervor. Es machte sich der unter ähnlichen Verhältnissen stets vorhandene Drang geltend, durch Analogien geleitet in Schlüssen weiter vorzugehen und Erklärungen selbst solcher Lebenserscheinungen zu versuchen, welchen der thatsächliche Beweis nicht immer exact zur Seite stand.

Solange Speculationen derart in der Form von Hypothesen auftraten, konnten dieselben als anregend und andeutend der wissenschaftlichen Entwickelung wol förderlich sein. Dagegen mußte eine Ueberschreitung dieser Schranke sich nachtheilig erweisen, ja es mußte geradezu bedenklich erscheinen, als mehrfach Stimmen über die ungelösten Räthsel der Natur vor dem großen urtheillosen Publikum im Tone vollster Zuversicht sich vernehmen ließen, als sie gleichzeitig die Sprache einer unfehlbaren Autorität annahmen, die

für sich einen Glauben beansprucht, den man doch sonst auf dem Gebiete der exacten Wissenschaften einzuräumen nicht geneigt ist.

Nach den kühnen Conceptionen dieser Stimmführer ist alles Sein und alles Leben — der Krystall, die Pflanze und das Thier, die Form, die Verrichtung und der Gedanke — das Endresultat eines Spiels von Kraft und Materie. Alles ist durch sich selbst, besteht durch sich selbst und genügt sich selbst.

Der kühnste Schritt in dieser Richtung war unstreitig der, welcher leicht und sicher über die ungeheuere Kluft hinwegführte, die bisher die Erscheinungen des Geisteslebens von den materiellen trennte. Es wurde hierbei dem Chemismus eine Hauptrolle zugetheilt. Die Phänomene des Geistes erscheinen demgemäß als die Folgen, als die Reflexe chemischer Constitution und Umsetzung der Centralorgane des Nervensystems. Mit dem Zerfall des Organismus verschwindet auch sein geistiger Gehalt. An die Stelle von Geist, Zweck und Vorsehung treten Materie, Gesetz und Nothwendigkeit.

Es erscheint um so weniger geboten, diese erneuerte materialistische Weltanschauung hier ausführlicher zu erörtern, als dieselbe sowol von seiten der philosophischen als exacten Naturforschung in die angemessene Grenze bereits zurückgewiesen wurde und sicher zu erwarten ist, daß gerade die bedeutendsten ihrer Urheber am ersten ihren Materialismus den nothwendigen Modificationen unterwerfen werden.

Ueber den Antheil, welchen der Chemismus an der Entscheidung so unendlich wichtiger Fragen zu nehmen sich zutrauen darf, ist eine kurze Betrachtung wohl am Platze. Erinnern wir uns, welche Mühe die theoretische Chemie hat, um über die innere chemische Constitution der einfachsten Verbindungen vollkommen befriedigende Aufklärung zu geben, wie sie z. B. nicht einmal im Stande ist, nachzuweisen, durch welche der nachfolgenden Formeln: NaO, SO_3, oder $NaSO_4$, die wahre Zusammensetzung des Glaubersalzes ausgedrückt wird und wie diese Schwierigkeit sich vermehrt bei den complicirteren, insbesondere der organischen Verbindungen. Wenn wir aber bereits hier, auf dem Gebiete grober materieller Thatsachen so bald eine Linie gezogen finden, über welche hinaus-

zukommen bisjetzt vergeblich versucht wird, so dürften alle Speculationen, die man auf die chemische Constitution der Gehirnmasse, als des Denkorgans zu begründen versucht ist, mit um so größerm Rückhalt zu machen sein, da nicht leicht ein anderer Stoff zu finden ist, der mehr der chemischen Auffassung sich entzieht als gerade die Gehirnsubstanz. Sollte es aber in der That gelingen, den Beweis zu liefern, daß keine geistige Bewegung stattfindet ohne entsprechende chemische Umsetzung, ebenso wie es keine körperliche Bewegung ohne Stoffwechsel gibt, so wäre hier der Chemismus doch nur als der Begleiter der Geistesthätigkeit anzusehen, deren Impulse aus einer ganz andern Quelle herstammen, die mit den materiellen Kräften nichts gemein hat. Wir haben in der That im ganzen Bereich der Chemie keine einzige Erscheinung, die auch nur entfernt andeutet, daß aus irgendwelcher Interferenz der Materie als Product der Gedanke, gleich dem elektrischen Funken, hervorspringen könnte. Geist und Materie lassen sich unter keinen Umständen in das Verhältniß gegenseitiger Causalität bringen.

Es ist bekannt, mit welcher Lebhaftigkeit, ja Heftigkeit die vorstehenden Fragen erörtert worden sind. Ein Schrecken ergriff viele Gemüther, indem denselben als Ergebniß der exacten Naturforschung die Austilgung des Geistigen, Göttlichen, Ewigen entgegentrat und es fehlte nicht, daß die Wissenschaften, die zu solchen Resultaten führen, von den Hütern und Pflegern jener ewigen Güter vielfach in die Acht erklärt wurden.

Glücklicherweise beginnt eine ruhigere Auffassung Platz zu greifen, ja durch den so entschieden auftretenden Materialismus, der sich so ganz auf Thatsachen der Naturwissenschaften stützen will, sind manche Gegner dieser letztern erst recht veranlaßt worden, um der Führung der Discussion willen mit denselben sich bekannt zu machen und hierdurch die Ueberzeugung zu gewinnen, daß die Naturforschung nicht nothwendig zum Materialismus in obigem Sinne führen muß. Wir glauben nicht zu irren, wenn wir auch diese Episode als ein der wahren Naturforschung im ganzen günstiges Ereigniß auffassen. Sie diente wesentlich zu erneuerter Inbetrachtnahme und Feststellung ihrer Grenzen und es ist sicher ein Gewinn,

wenn jeder den Umfang des Gebiets kennt, innerhalb dessen er mit Sicherheit auf Erfolge ausgehen darf.

Gelangen wir nun mit Hülfe der Chemie, unter Mitwirkung der Anatomie und Physik, zu einer immer klarern Einsicht über die Erscheinungen des Lebens, so ist hierin die erste und wichtigste Grundlage für eine rationelle Medicin gegeben. Denn wer mit dem Material, dem Bau und der Verrichtung jedes einzelnen Theils eines complicirten Mechanismus vertraut ist, befindet sich in der Lage, die Quelle abweichender Erscheinungen und regelwidriger Thätigkeit desselben zu erkennen und Abhülfe für dessen Beseitigung aufzusuchen. Daher hat denn ein Theil der Mediciner die neuere physiologische Chemie mit großer Begeisterung aufgenommen und manche haben an ihre Erfolge überschwängliche Erwartungen geknüpft. Allein die Entdeckungen der Chemie werden der Medicin weniger durch ihre unmittelbare Anwendbarkeit nützlich sein, als vielmehr dadurch, daß sie mit dazu beitragen, in der Medicin die ächte naturwissenschaftliche Methode mehr zu verbreiten und zu befestigen, den Dogmatismus zu beseitigen und jenem Hang entgegenzuwirken, dunkle Fälle mit geheimnißvollen Phrasen und Kräften aufzuklären. Wir dürfen uns schon glücklich schätzen, wenn bei großen Entdeckungen zunächst nur die allgemeine Intelligenz gewinnt; denn die Anwendung ins Einzelne, der Nutzen fürs Geschäft stellt sich mit der Zeit von selbst ein. Nur solche Aerzte, die ausschließlich das letztere im Auge haben, weisen die Chemie, indem sie in medicinischen Fragen das Wort ergreift, zurück, ja verfolgen ihre Bemühungen mit Verachtung und Spott, weil sie ihnen nicht gleich für jeglichen Fall ein Recept anzubieten vermag.

Handgreiflicher und darum allgemeiner anerkannt sind die Dienste, welche die Chemie der Materia medica, dem Arzneischatz, geleistet hat. Nicht allein die Entdeckung energisch wirksamer Stoffe, wie des Jods, Broms, des Chinins, Morphins und der übrigen Alkaloide, sodann des für die Chirurgie so wichtig gewordenen Chloroforms und Collodiums erwirbt hier der Chemie ein unbestrittenes Verdienst, sondern es dient auch ihr analytisch geschärfter Blick zur Beseitigung vieler Mittel von unsicherer Beschaffenheit, zur Prü-

fung der Güte und Reinheit anderer und zur Vermeidung von Mischungen, die gegenseitig zersetzend aufeinander wirken. Sie trifft hierin glücklich mit dem in der Medicin rege gewordenen Streben nach Vereinfachung zusammen.

Eine andere Seite, nach welcher hin die chemischen Resultate sich wol am ersten und allgemeinsten in praktischer Anwendbarkeit bewähren dürften, ist die Diätetik. Wer die Unsicherheit kennt, mit welcher Aerzte Speisen anordnen oder verbieten, und der dabei vorkommenden Widersprüche gedenkt, wird dankbar die Untersuchungen verfolgen, die auf Bestimmung des Werths der verschiedenen Nahrungsmittel von seiten der Naturforscher gerichtet worden sind.

Indem wir diese der heilenden Medicin geleisteten Dienste der Chemie anführen, ist zugleich das fördernde Verhältniß derselben zur Pharmacie dargestellt. Die Präparate des Apothekers erhalten durch die Fortschritte der Chemie nicht nur eine größere Zuverlässigkeit, sondern auch geringere Preise. Hervorzuheben ist, daß aus den Reihen der Pharmaceuten selbst in dieser Richtung sehr verdienstvolle Arbeiten fortwährend hervorgehen, indem die Chemie als wichtigste Grundlage ihres Fachs anerkannt wird.

Als eine besondere Abzweigung chemischen Wissens ist in neuerer Zeit die Lehre von den Giften unter dem Namen der Toxikologie zu einem Fache ausgebildet worden, welche bestimmt zu sein scheint, als gerichtliche Chemie eine ähnliche Bedeutung zu erlangen wie die gerichtliche Medicin. Die Aufgabe der Toxikologie ist eine möglichst genaue Kenntniß derjenigen Substanzen, die eine giftige Wirkung auf den Organismus äußern, sowol in der Absicht, ihre Anwesenheit in demselben schnell und sicher zu entdecken, als auch die geeigneten chemischen Mittel nachzuweisen, um ihre Wirkungen aufzuheben.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Leichtigkeit, das Verbrechen zu verbergen, geeignet ist, die Begehung desselben hervorzurufen. Ist jedoch eine Methode vorhanden, welche die dem Tode vorhergegangene Vergiftung ebenso sicher und unzweifelhaft nachweist wie die Obduction das Eindringen eines Mordstahls in die

edeln Organe, dann bleibt der Vergiftung ein wesentlicher Theil der Leichtigkeit genommen, welche sie dem Verbrechen bietet. Bei der Mehrzahl der Gifte ist es in der That gelungen, selbst unglaublich geringe Mengen, auch unter den schwierigsten Umständen, aufzufinden und nachzuweisen, und namentlich gelang dies in Beziehung auf den Arsenik, der bei weitem das gebräuchlichste Mittel zur verbrecherischen oder freiwilligen Vergiftung abgibt.

Größere Schwierigkeiten bieten einige organische Gifte dar, wie das Wurstgift, das indische Pfeilgift, das Wuthgift und andere. Allein daß auch hier die Chemie schon wichtige Dienste leistet, mag ein interessantes Beispiel zeigen, welches unlängst in England die öffentliche Aufmerksamkeit in hohem Grade erregte.

Gegen das Product einer der ungeheuern Brauereien Englands, die das sogenannte bittere Bier (pale ale) erzeugt, erhob sich das Gerücht einer Verfälschung dieses Getränks durch Strychnin, ebenso beunruhigend für die Consumenten als nachtheilig für den Producenten jenes Biers. Der letztere forderte daher die Professoren Graham und Hoffmann zu einer chemischen Untersuchung des Biers auf, und es ist interessant, an einem so populären Gegenstande die verschiedenen Methoden der Untersuchung in Anwendung gebracht zu sehen, wie den directen Beweis, den Gegenversuch, den indirecten Beweis und die Analogie.

Das Strychnin, eins der furchtbarsten organischen Gifte, wovon ein halber Gran tödlich wirkt, soll angeblich als Ersatzmittel des Hopfenbitters verwendet werden. Die beiden Chemiker ermittelten daher vorerst, daß auf je eine Gallone Bier ein Gran Strychnin nöthig wäre, um demselben seinen erforderlichen bittern Geschmack zu verleihen. Da jene Brauerei jährlich ungefähr 72 Millionen Gallonen Biers erzeugt, so würde sie etwa 16000 Unzen Strychnin, im Werthe von 157000 Fl., hierzu nöthig haben. Nun läßt sich aber aus Thatsachen annehmen, daß es zweifelhaft ist, ob überhaupt mehr als 1000 Unzen Strychnin in der ganzen Welt producirt werden. Dies ist also bereits ein indirecter Beweis der Unwahrscheinlichkeit einer solchen Fälschung.

Genauere Vergleichung zeigt ferner einen wesentlichen Unter-

schied im Geschmack des Hopfenbitters und in dem des Strychnins; allein in der Chemie hat keineswegs, wie in der Mode, der Geschmack eine entscheidende Stimme.

Am wichtigsten ist der directe Beweis. Man kann nämlich noch ein Tausendstel Gran Strychnin daran erkennen, daß es, mit verdünnter Schwefelsäure befeuchtet, den Krystallen des chromsauern Kali's eine schöne violette Farbe ertheilt. Einer halben Gallone Bier wurde nun absichtlich ein halber Gran Strychnin zugesetzt und versucht, ob diese Substanz daraus wieder abzuscheiden und zu erkennen sei. Nachdem dies wiederholt und mit vollster Sicherheit gelungen war, wurden nun eine Reihe von Proben des in Verruf gebrachten Biers, die aus den verschiedensten Schenkhäusern abgeholt waren, demselben Verfahren unterworfen, ohne eine Spur von Strychningehalt erkennen zu lassen.

Endlich wird noch auf die größere Wohlfeilheit anderer Bitterstoffe, z. B. der Quassia, hingewiesen, die an Geschmack dem Hopfen ähnlicher sind als das metallisch bitter schmeckende Strychnin, und hervorgehoben, daß auch noch geringere Mengen von Strychnin, als oben angenommen wurde, namentlich bei wiederholtem Genuß des Biers, dessen eigenthümliche, von heftigen Symptomen begleitete Vergiftungserscheinungen hätten hervorrufen müssen.

Jene Chemiker erklärten daher das Bier des Herrn Allsopp zu Burton am Trent für frei von schädlicher Beimischung; und die Art ihrer Beweisführung mußte auch für den Laien vollkommen überzeugend und beruhigend sein.

3. Verhältniß der Chemie zur Zoologie und Botanik.

Die systematische Naturgeschichte bietet allerdings keine Beziehungen zur Chemie dar, und solange die Wissenschaft der Zoologie und Botanik nur in einer äußerlichen Beschreibung und Classification bestand, eine Richtung, die noch bis in die zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts die vorherrschende war, schlossen sich Chemie und Naturgeschichte gegenseitig vollständig aus. Erst von der Zeit an, wo das Systematisiren in diesen Wissenschaften sich erschöpft

hatte, wo es bereits anfing, in Spielerei mit neuen Namen, Ordnungen und Klassen auszuarten, zeigte sich zugleich der Drang nach einer andern Seite des naturgeschichtlichen Gebiets. Lebhaft machte sich jetzt fühlbar, daß eine bloße Kenntniß unendlicher Formen und ihre Uebersicht nur ein höchst beschränkter Theil des in der organischen Welt gebotenen Wissenswerthen darstelle, daß der Pflanzen- und Thierkundige nicht nur sich Rechenschaft zu geben habe von der fertigen Erscheinung, sondern vom Werden, Wachsen und Wechsel im organischen Körper, mit einem Worte von dem Leben derselben.

Von diesem Zeitpunkte an sehen wir daher die Anatomie der Pflanzen und Thiere, die Entwickelungsgeschichte mit neuem Eifer ergriffen, und bei Erörterung der physiologischen Fragen kommen denn auch Botaniker und Zoologen mit der Chemie in Berührung. Wie empfindlich denselben sich hierbei der Mangel chemischer Kenntnisse macht, davon geben mehrfache Erscheinungen der Literatur ein schlagendes Beispiel.

So finden wir in einer noch 1837 in dritter Auflage erschienenen Forstbotanik unter anderm folgende Sätze über das Wachsen der Pflanze:

4) „Das Erdige, zusammengesetzt aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, ist ein Hauptbestandtheil der Pflanze. Weil jedoch der Kohlenstoff als die Grundlage der Erde, als Element erscheint, so ist dieser die unentbehrliche Nahrung für die Pflanzen; darum sind auch alle Pflanzen verbrennlich und verwandeln sich durch Verbrennen in Kohle. Im luftförmigen Zustande (als Gas) ist der Kohlenstoff nicht rein, sondern mit dem Sauerstoff als kohlensaures Gas (Kohlensäure, Ursäure, wie Schwere die Urkraft ist) verbunden, und diese Kohlensäure ist ja so ungemein günstig den Pflanzen."

5) „Das Wasser ist der sichtbarste Bestandtheil (oft zwei Drittel) der Pflanzen, sodaß ohne dasselbe ebenfalls keine Pflanze möglich ist. Da mithin das Wasser hauptsächlich aus Sauerstoff, etwas von sogenanntem Wasserstoff und einem Minimum von Kohlenstoff besteht, so stellt der Sauerstoff die Grundlage des Wasserelements

dar. Ohne den Sauerstoff keimt nicht einmal ein Samen, geschweige daß eine Pflanze ohne ihn wachsen könnte."

6) „Durch die Luft, als Element, wird beim Einathmen jedes Leben der Pflanzen (und Thiere) erhalten, und wenn durch ihre Einwirkung wegen ihrer großen Leichtigkeit auch die Pflanzenmasse nicht sehr vergrößert wird, so müssen zum Belebtsein doch alle Theile von ihr stetig durchdrungen und umgeben sein. Die Grundlage der Luft ist das Stickgas, das dies aber nicht einfach, sondern mit dem Sauerstoff gemengt erscheint, welche luftförmige Verbindung dann Wasserstoff genannt wird (weil sie beim Zersetzen des Wassers in einer glühenden eisernen Röhre entsteht), so kann man sagen, die Luft besteht aus Sauerstoff, Wasserstoff (Stickstoff) und Kohlenstoff, und der Wasserstoff macht einen wesentlichen Bestandtheil der Pflanzen aus."

Es reicht aber schon das Vertrautsein mit dem hin, was wir früher von den Grundzügen der Chemie, namentlich über die Zusammensetzung des Wassers mitgetheilt haben, um einzusehen, daß jene angeführten Sätze fast so viele Unrichtigkeiten als Worte enthalten, daß dem Verfasser die Chemie auf der Stufe, die sie bereits im Jahre 1837 erreicht hatte, gänzlich fremd geblieben sein muß.

Als nun von seiten mehrerer Chemiker diese physiologischen Fragen vom chemischen Standpunkte aus erörtert, als Leben, Ernährung und Wachsthum der Pflanzen in ihren Beziehungen zu den chemischen Elementen und den denselben innewohnenden Kräften darzustellen versucht wurden, zeigte sich der Umstand, wie viele jener rein in System und Nomenclatur aufgegangenen Botaniker und Zoologen gar nicht im Stande waren, diese Arbeiten zu verstehen. Ja dieselben erhoben sogar Klagen über das Eindringen unberufener Chemiker in das Gebiet der organischen Natur.

Glücklicherweise fehlte es jedoch nicht an ausgezeichneten Botanikern und Zoologen, welche die große Bedeutung der chemisch-physiologischen Arbeiten erkannten, kritisch läuterten und, der Chemie als Hülfswissenschaft die Hand reichend, den Weg verfolgten, der allein zur richtigen Erkenntniß der Lebenserscheinungen führt.

Wie wichtig ein aufmerksames Verfolgen der in den verschiedenen Zweigen der Naturwissenschaften gewonnenen Resultate ist, geht aus den schönen Beobachtungen von Gundlach über die Bildung des Wachses aus Honig hervor, welche derselbe in seiner Naturgeschichte der Bienen mittheilte. Diese Beobachtungen, vom naturgeschichtlichen Standpunkte aus unternommen, bewiesen auf das entschiedenste, daß Bienen, welche nur mit Honig oder Zucker gefüttert werden, als Umsetzungsproduct Wachs absondern. Diese Thatsache diente nun wesentlich mit zur Entscheidung eines zwischen den Chemikern geführten Streits über die Umwandelung von Zucker und Stärke in Fett innerhalb des thierischen Organismus, welche durch die Wachsbildung aus Honig direct bestätigt wurde.

Andererseits ist sicherlich die Chemie in manchem Falle im Stande, dem Zoologen werthvolle Beiträge zu unterscheidenden Merkmalen für die Systematik zu liefern. Wir erinnern nur an die interessante Entdeckung, wonach die äußere Hülle der Mantelthiere (Tunicata) aus Pflanzenzellstoff besteht. Die morphologisch so schwierige scharfe Trennung des Thier- und Pflanzenreichs wird vielleicht am treffendsten auf chemisch-physiologischem Wege vollzogen, wonach alles Thier ist, was Sauerstoff einathmet und Kohlensäre ausathmet und als Pflanze jeder Organismus betrachtet wird, der Sauerstoff absondert.

Aber auch die systematische Botanik kann ein Hülfsmittel, namentlich zur Gruppirung ihrer natürlichen Familien, an der Chemie haben. Berzelius macht schon in seinem 1828 erschienenen großen Lehrbuche in dieser Hinsicht die folgende Bemerkung: „Wahrscheinlich sind in den Pflanzen der gleichen natürlichen Pflanzengruppen gemeinschaftliche Bestandtheile enthalten und in den Unterabtheilungen dieser wieder andere, für jede Unterabtheilung gemeinschaftliche, und es ist wahrscheinlich, daß diese Stoffe in dem Ganzen in einem bestimmten Verhältnisse zu dem natürlichen Pflanzensysteme stehen, welches demnach die sicherste wissenschaftliche Grundwahl für die Aufstellung der speciellern chemischen Producte des Pflanzenreichs abgeben würde. Aber die Wissenschaft ist noch nicht zu dem Grade von Entwickelung gekommen, daß sich auf das natürliche System

etwas bauen ließe, denn die Anzahl von untersuchten Pflanzen und entdeckten Stoffen ist so gering, daß der wissenschaftliche Zusammenhang zwischen den zerstreuten Theilen noch gänzlich fehlt."

Im ganzen sind jedoch wenig chemische Arbeiten in dieser Richtung unternommen worden. Die Chemiker griffen bei ihren Untersuchungen zunächst nach denjenigen Pflanzenstoffen, die durch auffallende Eigenschaften schon längst als Nahrungs- oder Arzneimittel, als Farbestoffe oder sonst irgendwie in Gebrauch und Verkehr aufgenommen waren. Hierbei beschränkte sich sogar in der Regel ihre Aufmerksamkeit nur auf diesen zunächst interessirenden Theil, z. B. die Rinde der Chinabäume, den Samen der Kaffeepflanzen u. s. w., ohne auf die chemischen Verhältnisse der übrigen Pflanzentheile Rücksicht zu nehmen. Von hier aus führte dann die Analogie zu weitern Untersuchungen, die von manchen Entdeckungen gefolgt waren. Nachdem als eine charakteristische Eigenschaft der Pflanzenbasen, des Chinins, Morphins u. s. w., ein starker und rein bitterer Geschmack erkannt worden war, warf sich die Untersuchung auf viele bitter schmeckende Pflanzenstoffe, wie Weidenrinde, Wurzelrinde des Apfelbaums, Samen des Kleebaums u. s. w. Vom Geruch geleitet, entdeckte man, daß das Cumarin, der krystallisirbare Stoff der wohlriechenden Tonkabohne, auch im Ruchgras, im Steinklee und im Waldmeister enthalten ist. Wir könnten diese Beispiele noch vermehren, welche zeigen, daß die Chemiker bei ihren Untersuchungen im Pflanzenreiche im allgemeinen nicht von der Familienähnkeit der Pflanzen geleitet worden sind.

Ungeachtet der geringen Ausdehnung dieser Untersuchungen haben sich bereits mehrere schon durch die gemeine Erfahrung angedeutete chemische Charaktere verschiedener Pflanzenfamilien so entschieden festgestellt, daß gerade hierdurch recht die Frage angeregt wird, ob nicht auch andere und alle Familien gewisse chemische Bestandtheile gemein haben. Wir finden z. B. in allen zur Familie der Nadelhölzer oder Coniferen gehörigen Individuen einen Gehalt an einem flüchtigen Oel, das aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht, an der Luft rasch Sauerstoff aufnimmt und in Harz übergeht, wie das bekannte Terpentinöl, das Wachholderbeeröl und

andere. Alle Samen aus den Unterabtheilungen der großen Familie der Rosaceen, mit Steinfrüchten und Apfelfrüchten (Drupaceen und Pomaceen), enthalten Blausäure. In der großen Familie der Kreuzträger (Cruciferen), wohin unter anderm Senf, Kresse, Rettig gehören, finden wir fast in allen Theilen der Pflanzen ein flüchtiges schwefelhaltiges Oel enthalten. Wir könnten diese Beispiele noch vermehren und zeigen, wie viele durch ihre Form zu natürlichen Familien vereinigte Pflanzen auch eine auffallende Uebereinstimmung in chemischer Hinsicht darbieten. Allein es lassen sich bei weitem mehr Fälle anführen, wo ein solches Verhältniß nicht stattfindet. Manche chemische Stoffe, wie das Chinin, Morphin, finden sich ganz isolirt in einzelnen Pflanzen oder Geschlechtern, andere, wie das oben erwähnte Cumarin, sodann das Caffe'in mit dem ihm nahe stehenden Theobromin, trifft man in Pflanzen an, die weit voneinander entfernten Familien angehören. Indigo, dieser kostbare blaue Farbestoff, ist am reichlichsten in der Indigofera enthalten, einer zur Familie der Hülsenträger (Leguminosen) gehörigen Pflanze; allein er findet sich auch in unserm Waid (Isatis tinctoria), aus der Familie der Kreuzträger. Gegenwärtig wird in Frankreich der Vogelknöterich (Polygonum tinctorium) zur Indigogewinnung im großen angebaut, der wieder einer andern Familie (Polygoneen) angehört.

Es bleibt also auf diesem Gebiete noch vieles zu thun übrig und zahlreiche Arbeiten sind noch erforderlich, um das Lückenhafte zu ergänzen. Es ist daher erfreulich, daß wir neuerdings mehreren speciell in dieser Absicht unternommenen Untersuchungen begegnen, wie z. B. einer unlängst veröffentlichten Arbeit über die natürliche Familie der Rubiaceen, deren Glieder zum größern Theile Pflanzen von sehr allgemeinem Interesse sind, denn es gehören dahin der Kaffeebaum, die Brechwurz (Ipecacuanha), der Waldmeister, der Krapp und die Chinabäume. Als Resultat ergab sich, daß alle diese verschiedenen Pflanzen gewisse Säuren enthalten, deren Eigenschaften und Zusammensetzung in gegenseitiger, einfacher Beziehung stehen. Der Verfasser spricht die Ansicht aus, daß, ähnlich wie in den natürlichen Familien des Mineralreichs, so auch in denen des

Pflanzenreichs durch das Vorhandensein bestimmter Säuren der Hauptcharakter bedingt werde. Die seinerseits der Chemie für die systematische Botanik beigelegte Bedeutung drückt er in folgenden Worten aus: „Ich trage die Ueberzeugung in mir, daß die organische Chemie für die Botanik und Pflanzenphysiologie das werden kann, was die unorganische Chemie für die Mineralogie und Geologie geworden ist, ein Hülfsmittel bei Diagnosen, ein Hülfsmittel bei Erklärungen von Erscheinungen, das vor unzähligen Irrthümern bewahrt. Es wird eine Zeit kommen, wo der Chemiker mit dem Worte Amentaceen genau so wie mit dem Worte Glimmer bestimmte Begriffe wird verbinden können, wo er im Stande sein wird, durch eine einfache chemische Formel diese Begriffe auszudrücken.“*) Wenn dieses Ideal überhaupt je erreicht werden kann, so müssen wir gestehen, daß wir bisjetzt noch weit von demselben entfernt sind!

4. Verhältniß der Chemie zur Mineralogie, Geognosie und Geologie.

Wir kommen hier zu einer Gruppirung von Wissenschaften, bestehend aus Chemie und Mineralogie, zwischen welchen seit lange her eine offene und innige Freundschaft und Gemeinschaft bestand; und wie denn überhaupt aus solchen Verhältnissen Vortheil für beide Theile hervorzugehen pflegt, so haben Chemiker und Mineralogen sich gegenseitig ungemein genützt und gefördert. Wie manchen ausgezeichneten Forscher besitzen wir nicht, von dem es schwer ist zu sagen, ob er mehr Mineralog oder Chemiker sei, da er beide Wissenschaften in hoher Vollendung in sich vereinigt. Ja wir dürfen sagen, daß durch die von seiten der Mineralogie an den Chemiker gestellten Fragen sich die ganze Methode der sorgfältigsten Analyse zu ihrem jetzigen Grade der Vollkommenheit ausgebildet hat.

*) Annalen der Chemie, Bd. 83, S. 82.

Es fehlt indessen keineswegs an Versuchen, die Mineralogie nach einem andern als dem chemischen Gesichtspunkte aufzufassen und zu systematisiren. Hauptsächlich ist es ein Kampf zwischen Form und Inhalt, zwischen der Krystallographie und Chemie, welcher längere Zeit mit wechselndem Glück um die Oberherrschaft in der Mineralogie geführt und endlich durch eine Art von Compromiß zu Ende gebracht wurde, nach welchem die Chemie im Vortheil bleibt, denn es ist ihr die gesetzgebende Grundlage zuerkannt, während der Krystallographie die angemessene Betheiligung an der systematischen Anordnung zuerkannt wurde. Das Mineralreich befindet sich seit dieser Constitution vortrefflich: es befestigt fortwährend seine Herrschaft und erweitert seine Grenzen.

Unter diesem Einfluß der Chemie sehen wir denn zunächst eine Theilung des Stoffs in der Mineralogie sich bewerkstelligen: es wird als Oryktognosie die Betrachtung der ungemengten Minerale getrennt von dem Studium der Felsarten. Eine oryktognostische Sammlung ist nichts Anderes als eine Musterkarte der in der Natur sich findenden chemischen Verbindungen, und man legt den Exemplaren derselben einen um so höhern Werth bei, je mehr dieselben den Charakter reiner chemischer Verbindungen an sich tragen, insbesondere eine wohlausgebildete Krystallform. Dieser Theil der Mineralogie läßt sich daher auch vollständig von der Chemie aufnehmen; und in der That: schlagen wir die neueste Ausgabe von Gmelin's Handbuch auf, so finden wir darin alle Gesteine aufgeführt, die jenen Eigenschaften entsprechen. Die Mineralogie wäre vollständig in der Chemie aufgegangen, wenn die Oryktognosie ihre alleinige Aufgabe wäre. Allein dies ist bekanntlich nicht der Fall. Blicken wir umher, so gehören wohlkrystallisirte Minerale, vergleichbar den schönen künstlich dargestellten Salzen in den Sammlungen der Chemiker, zu den Seltenheiten, während wir überall bald dem Flugsand, dem Gerölle und der Ackerkrume, bald den körnigen, schlackigen, zerklüfteten Felsmassen begegnen. Sogleich erkennt hier der Chemiker Verhältnisse, die sich seinen Auffassungen und Gesetzen entziehen und deren Verfolgung er dem Mineralogen überlassen muß. Die Schichtung, die Lagerung, die

Reihenfolge der Massengesteine, ihre geographische Verbreitung und viele andere Fragen von allgemeinster Wichtigkeit sind Gegenstand der Geognosie. Wir sehen hier den Mineralogen auf seinem eigentlichsten Gebiete als Topograph des Erdballs auftreten und uns die im großen Ganzen gleichartige Bildung und Uebereinstimmung dieser Massen in vielen weit sich erstreckenden und weit voneinander getrennten Gegenden nachweisen. Ja ein tieferer Blick in die Gesteine führt den Geognosten weit ab von der Chemie und nähert ihn der Zoologie und Botanik. Es ist dies der Fall bei Betrachtung der zahllosen und mannichfaltigen Versteinerungen von Pflanzen und Thieren, die in vielen Gesteinen vorkommen, deren Bedeutung für die Geschichte der Gesteinformationen so groß geworden ist, daß eigene Wissenschaftszweige, die Petrefactologie und Paläontologie, sich auszubilden begannen.

Nachdem endlich vom Geognosten Grund- und Aufriß der Erdkruste möglichst durchforscht und dargelegt ist, sucht er als Geolog den Plan herauszufinden, nach welchem der ungeheure Bau angelegt wurde; er sucht die Katastrophen zu erklären, die unverkennbar eingetreten sind, um in mehrfacher Wiederholung ein ursprünglich einfaches Gebäude theilweise zu zertrümmern; er zeigt endlich, wie neues Material und alte Trümmer mit- und ineinander zu abermaliger Befestigung der Erdoberfläche verwendet wurden.

Nichts überrascht so sehr den Chemiker, der sich eine Sammlung reiner chemischer Präparate als Ideal aufgestellt und nach rastlosem Arbeiten, Sammeln und Austauschen endlich dieselbe im blanken Glasschrein, mit schmucken Etiketten verwirklicht hat, als wenn ihm plötzlich, seinen zierlichen und glänzenden Krystallen gegenüber, derbe Stücke in schlichte, graue, braune und schwarze Farben gekleideter gemeiner Gesteine mit der Frage vorgelegt werden, was denn eigentlich an der Sache sei? Kaum daß diese Proletarier hier und da einen krystallinischen Anflug haben, gleichsam als Erinnerung an eine bessere Abkunft oder glänzendere Vergangenheit. In langer Verlegenheit wird indessen der Chemiker nicht verharren, sondern die betreffenden Minerale alsbald einer Analyse

unterwerfen und je nach Umständen in einigen Stunden oder Tagen uns befriedigende Antwort ertheilen.

Legen wir dieselben Stücke, z. B. Kieselschiefer und Thonschiefer, gemeinen Kalk und Dolomit, feinkörnigen Granit und Syenit dem Mineralogen vor, so wird er sogleich uns Auskunft ertheilen über die chemischen Bestandtheile derselben; ja er wird trotz der großen äußern Aehnlichkeit von je zweien derselben, wie des Kalksteins und Dolomits, diese dennoch sicher unterscheiden und erstern als kohlensauern Kalk, letztern als ein Gemenge von kohlensaurer Magnesia mit kohlensauerm Kalk bezeichnen. Der Mineralog folgt dabei gewissen äußern Merkmalen, welche das sonst geübte Auge des Chemikers gar nicht beachtet, Merkmale, die eine eigene, sogenannte Kennzeichenlehre bilden.

Allein auch dem Mineralogen können Proben vorgelegt werden, wo diese Hülfsmittel nicht ausreichen. Bei kleinen Bruchstücken, bei erdigen Mineralen fehlen ihm leicht die leitenden Kennzeichen. Oder es werde ihm Bleiglanz vorgelegt, mit der Frage, ob derselbe überhaupt und wie beträchtlich silberhaltig sei? Alsbald sehen wir den Mineralogen ein kleines, elegantes Besteck hervorziehen, daraus eine kleine Lampe entnehmen, sie anzünden und, mit einigen kleinen Geräthen hantierend, uns rasch eine befriedigende Antwort ertheilen, ob z. B. ein Thon Eisen oder Kalk enthalte, ob der Bleiglanz Silber führe und anderes.

So zeigt uns denn das eben Vorgetragene, daß wir uns den Chemiker wol ohne mineralogische Kenntnisse denken können, obwol er es nicht sein sollte; daß dagegen ein Mineralog unter allen Umständen ohne chemische Kenntnisse nicht wird bestehen können. Freilich erkennt der Geognost sicher eine Felsart ohne chemische Analyse; allein ihre Bestandtheile sind früher durch Analysen bestimmt worden und zwar meist durch die von Mineralogen. Das oben angeführte Besteck enthält den sogenannten Löthrohrapparat, und die mit demselben vorgenommenen Experimente sind rein chemischer Natur. Der Mineralog arbeitet hier als höchst praktischer Chemiker, und gerade in diesem Gebiete verdanken wir ihm eine werthvolle Ausbildung eines Zweigs der analytischen Chemie, nämlich die

sogenannte Untersuchung auf trockenem Wege. Die Leistungen des unscheinbaren Löthrohrs in geschickter Hand sind so überraschend, daß eine kurze Beschreibung desselben und Erklärung der damit gewonnenen Resultate von großem Interesse sich erweist.

Jedermann kennt die Thatsache, daß der Schmied die Hitze seines Feuers erhöht und auf die Stelle concentrirt, wo er sein Eisen einlegt, durch Einblasen von Luft vermittels des Blasebalgs. In kleinerm Maßstabe bedienen sich Gold- und Silberarbeiter, Uhrmacher und andere Metallarbeiter schon seit mehreren Jahrhunderten zum Löthen eines ähnlichen Hülfsmittels. Die zu löthenden Stücke werden in die erforderliche Lage gebracht, nöthigenfalls zusammengebunden; auf die zu löthende Stelle wird das leichter fließende Metall, das sogenannte Loth, gelegt, worauf man mittels einer kleinen, am Ende rechtwinkelig gebogenen Röhre von Messing durch die Flamme einer Kerze oder Lampe in der Weise bläst, daß die Spitze der Flamme umgebogen und auf das Loth geleitet wird. Die Temperatur der Flamme erhöht sich durch die eingeblasene Luft so beträchtlich, daß selbst sehr strengflüssige Metalle zum Schmelzen gebracht werden können.

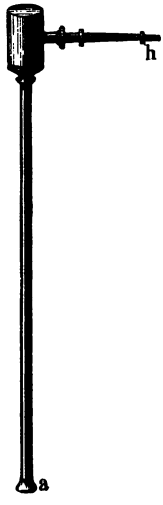
Das Löthrohr ist zuerst und vorzüglich von schwedischen Mineralogen und Bergmännern zur Untersuchung der Minerale angewendet worden und seine Anwendung hat, nach der Ausbildung geschickter Handgriffe durch Gahn, ihre Vollendung durch die universelle Wissenschaftlichkeit von Berzelius erhalten. In neuerer Zeit haben insbesondere Plattner und Scherer die Löthrohrmethode weiter ausgebildet. Zweck und Vortheil des Löthrohrs beruhen vornehmlich darin, daß es gestattet, selbst an sehr kleinen Proben eines Minerals, von welchem in der Regel Stückchen zu den Versuchen verwendet werden, nicht größer als ein Stecknadelkopf, sehr zuverlässige Versuche hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Bestandtheile schnell und mit einfachen Hülfsmitteln zu machen, die ohne Unbequemlichkeit überall mit herumgeführt werden können. Ein Löthrohrbesteck enthält außer dem Löthrohr noch eine kleine Oellampe, einige Zängelchen, Platindrähte und Platinbleche, ein kleines Achatmörserchen und einige Schächtelchen, darin verschiedene

Salze enthalten sind. Fügen wir noch ein paar Glasröhrchen und ein Stück Kohle hinzu, so ist das Wesentlichste genannt.

Die Methode der Löthrohruntersuchung ist gegründet vorerst auf die Veränderung, welche die Körper beim Erhitzen für sich erleiden, sodann auf den Einfluß des dabei hinzutretenden Sauerstoffs der Luft, der oxydirend einwirkt, ferner auf die Einwirkung von Kohle, mit welcher der erhitzte Körper umgeben wird und die eine Sauerstoff entziehende, desoxydirende ist, sowie endlich auf das Verhalten der Probe gegen gewisse Salze, von welchen Soda, Borax und Phosphorsalz die gebräuchlichsten sind.

Das Löthrohr (Fig. 36) ist ungefähr einen Fuß lang, hat am einen Ende ein silbernes oder elfenbeinernes Mundstück a und endigt in einem rechtwinkelig abstehenden, etwa anderthalb Zoll langen Seitenfortsatz, dessen kegelförmig zulaufende Spitze h eine Oeffnung von der Stärke einer feinen Nadel besitzt.

Fig. 36.



Beim Gebrauche wird das Löthrohr mit der rechten Hand gehalten und je nach Umständen entweder ganz nahe an die Flamme oder theilweise in dieselbe gebracht. Die Probe wird mit der linken Hand gehalten, entweder an einem Häkchen von Platindraht oder mittels einer Platinzange,

Fig. 37.

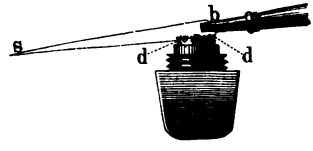
oder auf ein Stückchen Kohle gelegt (Fig. 37).

Bevor wir die am Löthrohr enthaltenen Resultate besp können, ist eine Erörterung der Löthrohrflamme nothwendi auszuschicken. Eine jede Lichtflamme läßt leicht erkennen, aus Theilen von ungleicher Beschaffenheit besteht. So fin

die stärkste Hitze an der Spitze, weil hier, wo sie mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung ist,. die lebhafteste Verbrennung stattfindet. Es folgt zunächst eine Region, die das stärkste Licht verbreitet, herrührend von außerordentlich feinen, weißglühenden Kohlentheilchen, die in diesem Theile der Flamme enthalten sind, wovon man sich leicht überzeugen kann, indem man einen kalten Gegenstand, etwa eine Stricknadel, hineinhält, an welchen jene Kohlentheilchen in Gestalt von Ruß sich anlegen. Endlich haben wir noch den innern und untern Theil der Lichtflamme zu erwähnen, der weniger leuchtend ist und einen geringern Hitzgrad besitzt als der obere. Grund hierfür ist, daß zum innern Theil der Sauerstoff der Luft nur wenig Zutritt hat, daß folglich an dieser Stelle nur eine unvollständige Verbrennung stattfinden kann.

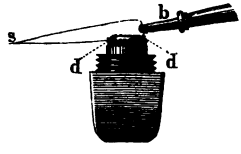
Von diesen verschiedenen Eigenschaften der Flamme wird nun bei Anwendung des Löthrohrs wesentlicher Vortheil gezogen. Will man eine starke Hitze hervorbringen, so wird die Spitze des Löthrohrs bis zu ein Drittel in die Flamme eingeführt (Fig. 38) und möglichst stark geblasen. Es gelangt hierdurch die Luft auch in die innern Theile der Flamme und es findet so eine möglichst lebhafte Verbrennung mit entsprechender Wärmeentwickelung statt. Die Flamme ist alsdann spitz, wenig leuchtend und schmilzt die strengflüssigsten Stoffe. Zugleich bewirkt sie eine Oxydation der in sie gebrachten, zur Sauerstoffaufnahme befähigten Körper. Ein Stückchen Zinn, Blei oder andern Metalls wird darin rasch geschmolzen und in Oxyd verwandelt. Man nennt daher die also hervorgebrachte Flamme die Oxydationsflamme.

Fig. 38.



Wird dagegen die Spitze des Löthrohrs der Lichtflamme nur bis zum Saume genähert, wie Fig. 39 zeigt, und minder stark Luft zugeblasen, so erhält man eine breitere, gelb leuchtende, viele fein vertheilte Kohle enthaltende Flamme, welche man

Fig. 39.



die Reductionsflamme nennt, da ihre Wirkung gerade eine entgegengesetzte ist. Bringt man nämlich das unter dem Einfluß der vorigen Flamme mit Sauerstoff verbundene Zinn, das Zinnoxyd, in die Reductionsflamme, so verbindet sich ein Theil der darin enthaltenen Kohle mit dem Sauerstoff des Oxyds zu Kohlensäure und das Zinn wird wieder in den metallischen Zustand zurückgeführt, d. i. reducirt.

Das gehörige Zustandebringen dieser beiden verschiedenen Flammen und ihre geschickte Leitung und Handhabung ist das erste Erforderniß für denjenigen, der Resultate am Löthrohr erzielen will.

Was nun zuvörderst den Einfluß der Hitze auf die zu untersuchende Probe betrifft, so ist auf die hierbei sich offenbarende Schmelzbarkeit und Flüchtigkeit das Hauptaugenmerk gerichtet. Die Schmelzbarkeit der Minerale ist sehr ungleich. Manche derselben, wie die Salze, der Schwefel, schmelzen schon bei gelinder Wärme der Lichtflammen, andere sind nur in der stärksten Hitze schmelzbar, andere ganz unschmelzbar. Es beziehen sich hierauf die bei Beschreibung aller Minerale vorkommenden Bezeichnungen: sehr leicht, leicht, ziemlich schwer, schwer, sehr schwer schmelzbar und unschmelzbar.

Beim Schmelzen treten noch manche beachtenswerthe Erscheinungen ein, indem manche Metalle ruhig schmelzen, andere sich aufblasen, spritzen und kochen, daher eine ganze Klasse von Mineralen den Namen der Kochsteine (Zeolithe) erhalten hat. Die geschmolzene Masse ist entweder zusammengesickert, glasig oder schlackig, porzellanartig, oder sie bildet eine Perle, ein Kügelchen oder Korn, welches letztere namentlich die Metalle thun.

Flüchtige Stoffe werden beim Erhitzen der Minerale sehr häufig ausgeschieden. Es geben dieselben fast immer Wasserdampf ab und es ist zu beachten, ob dieses Wasser blos hygroskopisch angezogenes oder chemisch gebundenes war, welch letzteres bei den Kochsteinen der Fall ist. Manche Minerale entwickeln Gase, wie z. B. der Kalk Kohlensäure, der Braunstein Sauerstoff.

Ganz eigenthümlich ist der Umstand, wonach die Dämpfe vie-

ler Stoffe, selbst in unglaublich geringer Menge, der Flamme des Löthrohrs eine so charakteristische Färbung ertheilen, daß diese Erscheinung mit zu den vortrefflichsten Erkennungsmitteln am Löthrohr gehört. So ertheilt ein Gehalt der Probe an Natron der Flamme eine helle gelbe Farbe, Kali eine violette; Lithion, Strontium und Kalk färben dieselbe hellroth bis purpurroth, Baryt, Kupfer, Bor grün, Arsen, Blei, Antimon blauweiß u. s. w.

In der Oxydationsflamme entstehen unter Einwirkung des Sauerstoffs beim Glühen der Probe manche Verbindungen, welche die Anwesenheit gewisser Bestandtheile verrathen. So verbreiten schwefelhaltige Minerale Dämpfe der erstickend riechenden schwefeligen Säure, arsenhaltige Verbindungen Dämpfe der nach Knoblauch riechenden arsenigen Säure; die Bleierze erhalten einen Ueberzug von gelbem Bleioxyd, die antimonhaltigen von weißem Antimonoyd u. s. w.

Die Zuziehung der obenerwähnten Sälze, nämlich der Soda, des Borax und des Phosphorsalzes zur Löthrohrprobe bezweckt die Herstellung schmelzbarer Verbindungen. In diesem Falle wird das Mineral im Achatmörser aufs feinste zerrieben, sodann an das Ohr des Platindrahts eine Perle von Soda oder Borax angeschmolzen, dieselbe, noch weich, in jenes Pulver getaucht und nachher in die Flamme gebracht.

Die Soda dient hauptsächlich zur Auflösung kieselreicher Verbindungen, während die im Borax enthaltene Borsäure mit den verschiedenen Metalloxyden glasartige Flüsse bildet, die sich durch eigenthümliche Färbung auszeichnen. Letztere ist überdies in der Regel eine verschiedene, je nachdem die Probe in der Oxydations- oder Reductionsflamme behandelt worden war, wie folgende Beispiele zeigen:

Oxyde.	Farbe der Boraxperle	
	in der Oxydationsflamme:	in der Reductionsflamme:
Chromoxyd.	Smaragdgrün.	Gelbbraun; erkaltet farblos.
Manganoxyd.	Violett.	Ungefärbt.
Antimonoxyd.	Hellgelblich.	Unklar und graulich.
Wismuthoxyd.	Farblos.	Grau und trübe.

Oxyde.	Farbe der Boraxperle	
	in der Oxydationsflamme:	in der Reductionsflamme:
Zinkoxyd.	Farblos; bei viel Zink porzellanweiß.	Verflüchtigt sich.
Zinnoxyd.	Farblos.	Farblos.
Bleioxyd.	Gelb; erkaltet farblos.	Reducirt zu Metallkügelchen.
Eisenoxyd.	Dunkelroth; beim Erkalten heller, bis farblos.	Grün.
Kobaltoxyd.	Blau bis Schwarz.	Blau.
Nickeloxyd.	Röthlich, gelb, erkaltet heller.	Graulich.
Kupferoxyd.	Grün.	Farblos; erkaltet roth und undurchsichtig.
Silberoxyd.	Erkaltet milchweiß.	Graulich.

Diese Andeutungen mögen genügen, um erklärlich zu machen, wie es möglich wird, mit so einfachen Hülfsmitteln ein rasches und zuverlässiges Urtheil über die Bestandtheile irgendeines Minerals abzugeben. Ja es ist in neuerer Zeit von einzelnen die Handhabung des Löthrohrs zu einer solchen Kunst ausgebildet worden, daß es für viele Stoffe selbst zu Bestimmungen ihrer Mengenverhältnisse mit Erfolg angewendet wird. Wenngleich keinem Chemiker die wichtigsten Löthrohrerscheinungen fremd sein dürfen, so wird es immerhin vorzugsweise das Instrument des Mineralogen und Bergmanns bleiben, für welche es ein ganzes chemisches Laboratorium in nuce abgibt. Der Chemiker ist mehr geneigt, flüssige Agentien einwirken zu lassen, da diese die Wege anzeigen, auf welchen genaue Mengenbestimmungen auszuführen und die nutzbaren Präparate aus dem Minerale zu gewinnen sind.

Wenn nun das seither Vorgetragene nicht verkennen läßt, wie innig Chemie und Mineralogie verwachsen sind, so könnte erstere hiernach gewissermaßen als die Dienerin des Mineralogen erscheinen, die benutzt wird, um die oryktognostische und geognostische Mineralsammlung zu bestimmen und zu ordnen. Allein wir erblicken die Chemie auch als Rathgeber bei den mehr in der Theorie sich bewegenden Fragen der Geologie, und ihre Stimme ist darin

von solcher Bedeutung, daß dieser Hülfswissenschaft vom Mineralogen gern der Rang einer Freundin eingeräumt wird.

Erinnern wir uns der Vorstellung des großen Physikers Laplace, nach welcher das ganze System unserer Sonnen- und Planetenwelt aus dampfförmiger Materie erstarrte, eine Theorie, die jetzt wol von allen Geologen als Grundlage ihrer Wissenschaft angenommen ist, so haben wir ja gleich die erste Entstehungsgeschichte der Erde mit einem chemischen Monsterproceß beginnend, der in seinen Folgen noch hier und dort bis auf den heutigen Tag sich fortspinnend erscheint. Wie ist es da zu vermeiden, daß nicht die Chemie bald als Experte, Anwalt, Zeuge angerufen und bestellt werde?

Von den vielen sich hier aufdrängenden Fragen mögen nur einige als Beispiele dienen. Es ist eine bekannte Thatsache, daß der Kalk, zum Glühen erhitzt, seine Kohlensäure verliert und zu ätzendem Kalk wird. Hiermit unvereinbar erscheint nun das Auftreten großer Kalkmassen unter Umständen, die auf einen ehemals glühend-flüssigen Zustand derselben schließen lassen. Allein in mehrfacher Richtung angestellte Versuche haben gezeigt, daß gasförmige Körper aus chemischen Verbindungen schwierig oder gar nicht durch Hitze oder stärkere Verwandtschaften ausgeschieden werden, wenn dem Entweichen des Gases ein bedeutender Druck entgegenwirkt. Es übte aber zur Zeit jener Kalksteinbildungen die damalige Atmosphäre einen ungleich höhern Druck aus als die jetzige, indem erstere wegen der herrschenden höhern Temperatur eine Menge von Stoffen, namentlich fast alles Wasser in Dampfform erhielt, die später sich verdichteten. Es konnte daher leicht der Fall eintreten, daß in jener Periode chemische Verbindungen nicht zersetzt wurden, die gegenwärtig unter sonst gleichen Umständen eine Zersetzung erleiden, wie dies besonders der Fall ist, wenn kohlensaure Salze mit freier Kieselsäure in feurig-flüssigem Zustande zusammentreffen. Hieraus ließe sich dann das häufige Vorkommen des Quarzes neben kohlensauerm Kalk in der Erdrinde erklären. Es ist ferner wahrscheinlich, daß das später entstandene Meer eine höhere Temperatur und größern Gehalt an Kohlensäure hatte als das jetzt vorhandene, daß seine Fluten daher eine große Menge von Stoffen aufgelöst ent-

halten konnten, die mit allmählicher Abnahme der Temperatur und entweichender Kohlensäure sich ausscheiden mußten, wie z. B. die Kalk- und Dolomitschichten.

Andererseits ist wieder für die Entstehung des Dolomits, eines dem Kalk äußerlich sehr ähnlichen, durch Magnesiagehalt jedoch verschiedenen und vielfach zwischen Kalk auftretenden Gesteins von geologischer Seite die Theorie aufgestellt worden, daß in den Kalk eingedrungene Magnesiadämpfe die Veränderung desselben in Dolomit bewirkt hätten, eine Ansicht, die von chemischer Seite als ganz unhaltbar beseitigt wurde. Es ist vielmehr anzunehmen, daß der Dolomit seine Entstehung der langsamen Auswaschung magnesiahaltiger Kalke durch kohlensäurehaltiges Regenwasser verdankt, welches den Kalk theilweise hinwegführte.

Mineralogische Erscheinungen ganz eigenthümlicher Art sind die Pseudomorphosen. Man versteht darunter Minerale, deren Krystallform im Widerspruch steht mit ihren chemischen Bestandtheilen. Denn wir haben S. 160 gesehen, daß alle chemischen Verbindungen nur in bestimmten Formen krystallisiren, die zwar für ein gegebenes Mineral eine gewisse Mannichfaltigkeit darbieten können, aber stets zurückführbar sind auf ein und dieselbe Grundform. Nun finden sich aber gar nicht selten krystallisirte Minerale, welche von diesem Gesetze vollständig abweichen. Der äußern Gestalt nach glaubt man z. B. einen Krystall von Schwefelkies (FeS_2) vor sich zu haben, während sich bald erkennen läßt, daß derselbe aus Brauneisenstein, d. i. Eisenoxydhydrat (Fe_2O_3, $3HO$) besteht, welches an und für sich niemals in dieser Krystallform auftritt. Diese Regelwidrigkeit erklärt sich daraus, daß krystallisirte Minerale fähig sind, allmähliche chemische Veränderungen zu erleiden, ohne daß dabei ihre Form verändert wird, und es entstehen auf diese Weise die sogenannten Afterkrystalle oder Pseudomorphosen. Diese Umänderungen beruhen entweder darauf, daß vorhandene Bestandtheile ausgeschieden oder neue aufgenommen werden, oder daß beides der Fall ist, wie bei dem Uebergang von Schwefelkies in Eisenoxydhydrat. Auch müssen Pseudomorphosen dadurch entstanden sein, daß Krystallgruppen von einer andern Mineral-

masse umhüllt und später ganz zersetzt und ausgewaschen wurden, sodaß sie eine hohle Form hinterließen, die alsdann von anderer Mineralsubstanz wieder ausgefüllt, dieser eine fremde Gestalt aufprägte. Während längere Zeit die Pseudomorphosen nur als Curiositäten des Mineralreichs, von einigen gar als Krankheitserscheinungen desselben angesehen wurden, haben sie immermehr Beachtung gefunden und es wird jetzt der Pseudomorphose ein sehr bedeutender Antheil an der Bildung der Gesteine eingeräumt. Ja man nennt jetzt eine Reihe derselben metaphorische Gesteine, von welchen man annimmt, daß sie durch successive Umsetzung, Verdrängung und Ersetzung ihre ursprüngliche Zusammensetzung vollständig geändert haben.

Es wird ferner an die Chemie appellirt bei der Frage, ob die das Grundgebirge bildenden, häufig in Glimmerschiefer und Gneis übergehenden Thonschiefer aus geschmolzener Masse oder aus wässeriger Lösung entstanden seien. Ein lebhafter Streit wird seit einiger Zeit über die Natur des Granits geführt, den die ältern Plutonisten als feurig-flüssigen Strom aus dem Innern der Erde hervorbrechen lassen. Dagegen erklärt Bischoff den Granit als ein Umbildungsproduct vorhandener Gesteine auf nassem Wege, und Scheerer stellt die Ansicht auf, daß der Granit aus einem heißen, jedoch wasserdampfhaltigen Feldspathteig entstanden sei, indem zuerst die Glimmerblättchen erstarrten, dann die Feldspathkrystalle und zuletzt der ausgeschiedene Quarz, welcher als bindende Masse das Ganze verkittet. Es bildet gerade diese Discussion ein Beispiel zu dem vorhin erwähnten Einfluß der chemischen Metamorphose, sowie der Pseudomorphose.

Eine Reihe von Gesteinen, wie der Granit, Syenit, Diorit und die Augitgesteine bietet ihrer äußerlichen Verschiedenheit ungeachtet in ihrer chemischen Zusammensetzung eine große Uebereinstimmung, denn alle sind Gemische kieselsaurer Doppelsalze, in welchen kieselsaure Thonerde niemals fehlt, während der andere Bestandtheil zwischen verschiedenen Silikaten schwankt. Mitscherlich erklärt diese mineralischen Verschiedenheiten rein chemisch in folgender Weise: „Besteht eine geschmolzene Masse, bei überschüssiger Kiesel-

säure, aus Thonerde und Kali in dem Verhältniß, daß der Sauerstoff der Thonerde sich zu dem des Kali wie 3 : 1 verhält, so wird sie beim Erkalten Quarz und Feldspath liefern; enthält sie mehr Thonerde, so wird sie aus Quarz, Feldspath und Glimmer bestehen; enthält sie viermal mehr Thonerde, als zur Feldspathbildung nöthig ist, so besteht sie aus Quarz und Glimmer allein. Enthält sie noch Kalkerde und Eisenoxydul, so wird sie auch Hornblende liefern."

Auch die schönen Versuche Gmelin's über die Zusammensetzung des Basalts, der Nachweis der Identität des Bergflachses, Amianths und Asbests mit Augit und Hornblende, zwischen welchen ein ähnliches Verhältniß besteht wie zwischen gesponnenem und in Masse erstarrtem Glas, die vielen Versuche und Beobachtungen über künstlich durch Schmelzung dargestellte Minerale: dies alles zeigt das nothwendige Ineinandergreifen von Chemie und Mineralogie im weitesten Sinne aufs entschiedenste.

Freilich ergeht es hierbei der Chemie mitunter wie bei den Fragen der Physiologie und Medicin. Ihre Bedeutung wird einerseits nicht erkannt, andererseits überschätzt oder misverstanden. Am weitesten gehen in beiden Richtungen gerade diejenigen Geologen, welche am wenigsten chemische Kenntnisse besitzen, denen folglich ein Urtheil über den Werth chemischer Versuche und darauf begründeter Theorien abgeht. Wie in der Physiologie sogleich Elektricität und Galvanismus citirt wurden, wo kein anderer Ausweg sich fand, so rufen manche Geologen alsbald chemische Actionen zu Hülfe, wenn gewisse Schwierigkeiten sich zeigen, lassen dieselben mit kühner Freiheit oder vielmehr mit unberechtigter Willkür eingreifen und erwidern auf gemachte Einwendungen etwa Folgendes, das wir wörtlich einem geologischen Werke entnehmen: „Nichts scheint absurder zu sein, als behaupten zu wollen, daß durch chemische Kunst nicht nachgewiesene und constatirte Phänomene durch eine, vielleicht gar nicht einmal im Bereiche der Möglichkeit derselben liegende Combination im Großen wirkender Naturkräfte nicht sich ereignen könnten."

Ohne Zweifel fanden in frühern Perioden mehrfache Combi-

nationen von Naturkräften statt, die chemische Erscheinungen hervorrufen konnten, ganz abweichend von jetzt beobachteten. Allein in solchen Fällen ist es nicht der chemische Proceß, der zuerst seine Erklärung verlangt, sondern wir verlangen, daß zunächst die Nothwendigkeit oder große Wahrscheinlichkeit jener Combinotionen, sowie das, woraus sie bestanden haben sollen, nachgewiesen werde, um ein Urtheil für den bestimmten Fall bilden zu können. Wo man diese schuldig bleibt, sind solche „Combinationen im großen wirkender Naturkräfte" nur eine willkürliche Ausflucht, ein augenblicklicher Nothbehelf.

Während also hier der chemischen Erkärung unter Mitwirkung geeigneter Combinationen ein großes Feld eingeräumt wird, fehlt es auch nicht an Beispielen, daß man sich ihres kritischen Urtheils, gleichsam der Controle der geologischen Theorie, zu entziehen sucht, und es klingt ganz wie eine höfliche Abweisung, wenn wir in einem neuern geologischen Werke lesen: „daß der stets im Fortschreiten begriffenen Chemie, weil sie zur Zeit irgendetwas nicht zu erklären vermag, nie ein entscheidendes Urtheil über die Möglichkeit einer solchen Hypothese eingeräumt werden darf. Ihre Erfahrungen selbst sind noch nicht abgeschlossen und können durch die Geologie noch bedeutend erweitert werden." Dieser Satz enthält unstreitig viel Wahres; nur müssen wir ihm die Bemerkung entgegensetzen, daß der Chemiker selten eine verläßliche Antwort schuldig bleiben wird, wenn ihm die Bedingungen genau festgestellt werden, unter welchen der chemische Proceß verlaufen soll.

5. Verhältniß der Chemie zur Physik und den mathematischen Wissenschaften.

Nehmen wir mehrere der größern Lehrbücher der Chemie aus neuester Zeit zur Hand, wie z. B. von Berzelius, Gmelin, oder das englische von Graham, so finden wir der Beschreibung chemischer Erscheinungen einen an Ausdehnung nicht unbedeutenden Abschnitt vorausgestellt, der über verschiedene Theile der Physik

sich verbreitet, namentlich über Wärme, Elektricität, Magnetismus und die Lehre von den Gasen und Dämpfen. Wir erinnern uns, daß ein lernbegieriger junger Chemiker, der ein Collegium bei einem berühmten Professor der Chemie besuchte, welcher diese Wissenschaft in einem Zeitraum von zwei Jahren vorzutragen pflegte, sehr klagte, wie er nun bereits inmitten des zweiten Cursus kaum ein Wort von Chemie, vielmehr nur eine vollständige physikalische Vorlesung gehört habe.

Schlagen wir andererseits physikalische Hand- und Lehrbücher auf, namentlich die etwas ältern, so findet man in der Regel nach der Abhandlung der allgemeinen Eigenschaften der Materie einen Abschnitt, welcher den besondern Qualitäten derselben gewidmet ist, wo die Materie als Sauerstoff, Schwefel, Eisen u. s. w. auftritt, mit der Aufzählung der wichtigsten Eigenschaften und Verbindungen, sodaß das Ganze als ein mehr oder minder ausgeführter Abriß der Chemie, und zwar vorzugsweise der unorganischen, erscheint.

Hieraus geht denn schon die Nothwendigkeit gegenseitiger Beziehung hinreichend hervor. Eine physikalische Einleitung erwies sich aber für Anfänger des chemischen Studiums um so mehr als geboten, als besonders in Deutschland vorzugsweise Pharmaceuten und Mediciner es waren, die der Chemie sich widmeten und welche in der Regel mit den dürftigsten physikalischen Vorkenntnissen die chemischen Vorlesungen besuchten. Weniger scheint eine Rücksicht derart in Frankreich erforderlich zu sein, wo die ausgezeichneten Chemiker meist aus einer physikalisch-mathematischen Richtung hervorgegangen sind, was sich auch in dem Charakter ihrer Arbeiten mehrfach erkennen läßt.

Vergleichen wir mit oben Angeführtem andere chemische Werke, namentlich das von Mitscherlich, so sehen wir diesen sogleich mit einem Satze mitten ins Vollbad der chemischen Erscheinungen hineinspringen, ohne uns durch langes Herumführen in allerlei Vorhöfen erst abzukühlen. Auch Liebig erscheint schon nach den ersten Vorträgen inmitten der speciellen Chemie begriffen. Man würde jedoch sehr irren, wollte man hieraus auf eine Verkennung der Nothwendigkeit physikalischer Vorkenntnisse von seiten dieser il-

lustren Chemiker schließen. Dieselben setzen vielmehr voraus, daß jeder angehende Chemiker vorher die Hörsäle der Physik durchwandert hat, und verwenden die Zeit ihrer Vorlesungen ausschließlich auf die chemischen Erscheinungen, deren Umfang ohnehin eine vollständige Erschöpfung innerhalb der gesteckten Frist kaum gestattet. Aus demselben Grunde finden wir auch in den Lehrbüchern der Physik jetzt die chemischen Verhältnisse nur angedeutet und hinsichtlich ihrer weitern Entwickelung auf chemische Werke hingewiesen.

Alles dies zeigt keineswegs auf ein gegenseitiges Ignoriren von Chemie und Physik hin, sondern auf eine Theilung der Arbeit, auf das vollständigere Heraustreten der Chemie als selbständige Wissenschaft. Diese Trennung findet aber vielmehr in der Betrachtung als in den wissenschaftlichen Persönlichkeiten statt, von denen viele ebenso wol von der einen als andern Richtuug in Anspruch genommen werden, sodaß es schwer fällt zu sagen, ob z. B. Gay-Lussac, Dulong, Faraday, Regnault als Physiker oder Chemiker anzuführen wären. Als beides ist die allein richtige Antwort.

Die Beziehungen zwischen Chemie und Physik lassen sich im ganzen nach zweierlei Gesichtspunkten auffassen. Einestheils ist der Chemiker genöthigt, zur Feststellung des Charakters irgendeines Stoffs denselben zunächst äußerlich zu beschreiben. Hierbei muß derselbe sich solcher Merkmale bedienen, die im allgemeinen Gegenstand der physikalischen Betrachtung sind, wie Grad des Zusammenhangs, Dichte, Verhalten zum Licht, Gestalt, Verhalten zu Wärme, Elektricität und Magnetismus. Es erscheint hiernach die Physik als eine unentbehrliche Hülfswissenschaft der Chemie.

Allein es gibt im Bereiche der Naturwissenschaft auch eine Reihe von Fragen, welche ihre Beantwortung nur durch ein Zusammenwirken von Physik und Chemie erhalten können. Wie wir bereits früher gesehen haben, daß die Räthsel der Lebenserscheinungen, die physiologischen Aufgaben, nicht ausschließlich auf anatomischem oder chemischem Wege zu lösen sind, ebenso liegen auch mehrfache allgemeine Probleme in Physik und Chemie vor, deren Erledigung allein aus dem vereinten Streben dieser Wissenschaften hervorzugehen vermag.

Hinsichtlich der erwähnten Feststellung der sogenannten physikalischen Eigenschaften der Körper ist zu bemerken, daß in manchen Fällen auch solche begriffen werden, die nicht leicht ins Auge fallen. Je weniger Merkmale wir anzuführen nöthig haben, um einen Stoff als besondern zu unterscheiden, desto leichter ist derselbe zu erkennen. Für die Charakteristik des Platins reicht es hin zu sagen, daß seine Dichte einundzwanzigmal größer ist als die des Wassers, um es von allen übrigen Körpern zu unterscheiden. Es gibt jedoch chemische Verbindungen, die eine solche Uebereinstimmung in den gewöhnlich berücksichtigten physikalischen Eigenschaften haben, daß zu ihrer Unterscheidung feinere Beobachtungen angewendet worden sind. Es gehört hierher das Verhalten der durchsichtigen Stoffe gegen das polarisirte Licht, indem viele es unverändert hindurchlassen, während andere demselben eine Drehung nach rechts oder links ertheilen. Mit Hülfe eines Polarisationsapparats ist man z. B. in den Stand gesetzt, sehr schnell anzugeben, wie stark der Gehalt einer Zuckerlösung, ob und wie weit der Zucker durch Kochen in unkrystallisirbaren Syrupzucker übergangen ist.

Die innigsten Berührungspunkte zwischen Chemie und Physik bieten sich bei experimentellen und speculativen Untersuchungen über die elementare Beschaffenheit der Materie, über die atomistische Constitution derselben, über das Volum der Atome, über den Zusammenhang zwischen den Atomgewichten und der specifischen Wärme der Körper, über den Einfluß der chemischen Zusammensetzung auf den Siedepunkt, endlich über die zahlreichen Erscheinungen, in welchen Elektricität und Chemie gleichzeitig auftreten und die deshalb als elektro-chemische bezeichnet werden.

Die Beziehungen zwischen Form und Stoff verbinden andererseits die Chemie mit der mehr in die mathematische Richtung führenden Krystallographie.

Wir können hier unmöglich eine vollständige Darstellung der genannten schwebenden Fragen geben, die theilweise zu den schwierigsten und dunkelsten Problemen gehören; doch läßt sich der thatsächliche Bestand, der in denselben beide Wissenschaften verknüpft, bei den meisten wenigstens andeuten.

Die „Elemente" sind bereits früher mehrfach Gegenstand der Erörterung gewesen. Chemiker und Physiker sind darüber einig, daß für eine große Reihe von Betrachtungen nur eine identische Materie existirt, auf welche der Charakter der Raumerfüllung, der Undurchdringlichkeit, der Ausdehnsamkeit sich erstreckt, welche den Gesetzen der Gravitation, der Statik und Mechanik gleichmäßig unterworfen ist. Nur in diesem Sinne können Naturforscher mit Naturphilosophen einverstanden sein über die Einheit der Materie. Denn andererseits zeigt sich eine unendliche Mannichfaltigkeit in besondern Qualitäten der Materien; und wenn wir die Combination derselben, die chemischen Verbindungen und Gemenge analysiren, so bleiben uns immer noch sechzig specifisch verschiedene Arten der Materie als einfache Stoffe, Grundstoffe oder Elemente. Sowie wir den Begriffen „Pflanze und Thier" Tausende specifischer Formen unterordnen, die wir vergeblich in einer Grundform aufgehen zu lassen versuchen, von welchen wir niemals die ähnlichsten ineinander übergehen sehen, wie z. B. Wolf, Fuchs und Hund, oder Rothtanne, Weißtanne, Kiefer und Pinie, ebenso ist es bisher nicht gelungen, einen Urstoff der Grundstoffe zu finden oder auch nur die ähnlichsten derselben, wie Chlor und Brom, Iridium und Platin, Schwefel und Selen, Nickel und Kobalt u. s. w., ineinander überzuführen. Wir nehmen überhaupt in der ganzen Natur nirgends einen Uebergang aus der einen Erscheinung oder Form in die andere in der Art wahr, daß nicht die Grenze, welche beide trennt, deutlich erkennbar bliebe. Das Bild der Natur ist nicht in verwaschener Sepiamanier ausgeführt, sondern mit dem Grabstichel, in dessen zarte aber bestimmte Linien und Punkte sich die kaum hingehauchten Gestalten sowol, wie auch die dunkelsten Partien bei schärferer Betrachtung auflösen lassen.

Der Physiker pflegt in der Verfolgung sehr vieler Erscheinungen die Materie, an der sie auftreten, in kleinere Theile zu zerlegen, wiewol nur in Gedanken. Nach dieser Anschauungsweise pflanzt sich die Wirkung eines Stoßes, den ein Körper erleidet, von den unmittelbar getroffenen Theilchen desselben auf die umliegenden fort, und es ist hierzu eine gewisse Zeit erforderlich. Bei

Erhöhung der Temperatur rücken die Theilchen eines Körpers weiter voneinander ab, derselbe dehnt sich aus; im umgekehrten Falle zieht er sich zusammen, indem seine Theilchen einander sich nähern u. s. w. Gegen eine solche atomistische Constitution ist namentlich von seiten der Naturphilosophen Einwand erhoben worden, da diese die Materie als etwas gleichmäßig Zusammenhängendes, Continuirliches darstellen und von unsichtbaren, unnachweisbaren Atomen oder Molekülen nichts wissen wollen.

Wenn nun auch die oben angeführten Fälle nach beiden Ansichten vorgehend gedacht werden können, so stellten sich doch andere ein, in welchen der Physiker ohne die Annahme abgegrenzt nebeneinander liegender Atome keine Erklärung zu geben vermag. Als Beispiel wollen wir den Magnet mit seinen merkwürdigen Eigenschaften nehmen. Wird ein magnetisirter stählerner Draht in zwei Hälften zerschnitten, so ist jede Hälfte wieder ein selbständiger Magnet mit zwei entgegengesetzten Polen an den Enden. Setzt man die Theilung des Drahts fort, so erhält man stets kleinere Stücke, die jedoch alle als vollständige Magnete mit zwei Polen sich erweisen. Ohne atomistische Auffassung ist eine Erklärung dieser Thatsache nicht ausführbar. Genügend ist hier nur die Ansicht, daß beim Magnetisiren des Stabs ein jedes kleinste Theilchen desselben ein selbständiger Magnet wird, daß die gleichnamigen Pole dieser atomistisch aneinander gereihten Magnetchen nach derselben Richtung gelagert sind und die Summe ihrer Wirkung an den Polen gesammelt erscheint.

Willkommen war es daher den Physikern, als aus dem Gebiete der Chemie Thatsachen sich erhoben, welche der bestrittenen atomistischen Theorie als mächtige Stützen sich erweisen konnten. Als solche sind insbesondere die bestimmten Gewichtsverhältnisse anzusehen, in welchen die Stoffe untereinander chemisch sich verbinden, wie früher gezeigt worden ist. Besonders aber spricht für die Annahme atomistischer Constitution die Entdeckung der isomeren und polymeren Körper, welche, wie S. 171 ausgeführt wurde, aus denselben einfachen Stoffen in denselben relativen Gewichtsverhältnissen zusammengesetzt sind, und dennoch die verschiedensten phy-

sikalischen und chemischen Eigenschaften besitzen, was nicht der Fall sein könnte, wenn bei der chemischen Verbindung verschiedene Materien sich gegenseitig durchdringen. Andererseits lassen sich die chemischen Zersetzungen durch Elektrolyse, wo wir an den voneinander entfernten Polen die Bestandtheile des Wassers in gasförmigem Zustande ausscheiden sehen, auch nur durch eine atomistische Anschauung versinnlichen.

Zur weitern Ausbildung der Atomtheorie gehört ferner dasjenige, was auf Form, absolute und relative Größe der Atome sich bezieht. Hinsichtlich der Gestalt der einzelnen Atome ist die Hypothese herrschend, nach welcher denselben die sphärische zukommt, da aus der Gruppirung außerordentlich kleiner Kugeln die ganze Mannichfaltigkeit der Krystallformen sich bilden läßt. Ganz unbestimmt sind dagegen die Vorstellungen über die absolute Größe der Atome. Hier dürfte Gay-Lussac's Ausspruch, wonach Atom für die Physik und Chemie dasselbe ist, was das unendlich Kleine für die Mathematik, der entsprechendste sein. Die Untersuchungen, welche sich auf die relative Größe der Atome beziehen haben bereits S. 169, 170 ihre Erörterung gefunden.

Von großem Interesse sind die gesetzmäßigen Beziehungen der Wärme zu gewissen chemischen Verhältnissen. Nach den Untersuchungen der Physiker sind sehr ungleiche Wärmemengen erforderlich, um die Temperatur gleicher Gewichte oder Maße verschiedener Körper um gleich viel Grade zu erhöhen. Wenn z. B. gleiche Gewichte von Wasser, Schwefel, Eisen und Quecksilber von 0° auf 100° erhitzt werden sollen, so verhalten sich die hierzu erforderlichen Wärmemengen wie die Zahlen 100 : 18 : 10 : 3. Nehme ich Flammen von gleicher Stärke, so muß ich folglich deren hundert unter das Wasser stellen, um in gleicher Zeit dieselbe Temperaturerhöhung hervorzubringen, die ich bei Schwefel mit 18, bei Eisen mit 10 und bei Quecksilber mit nur 3 Flammen erreiche. Diese ungleiche Aufnahmsfähigkeit von Wärme (oder Wärmecapacität) gleicher Gewichtstheile wird als die specifische Wärme der Körper bezeichnet. Dulong und Petit fanden nun das merkwürdige Gesetz, daß die Zahlen, welche die specifische Wärme der einfachen

Stoffe ausdrücken, sich umgekehrt verhalten wie diejenigen, welche ihre Atomgewichte darstellen. Also je größer das Atomgewicht, desto geringer die specifische Wärme, wie z. B.:

	Atomgewicht:	Specifische Wärme:
des Wasserstoffs	= 1	3,2
des Schwefels	= 16	0,202
des Eisens	= 27	0,113
des Queckfilbers	= 101	0,033

Es muß daher das Atomgewicht eines Körpers, multiplicirt mit seiner specifischen Wärme, für alle Stoffe ein gleiches Product geben, nämlich die Zahl $3_{,2}$. In der That ist $1 \times 3_{,2} = 3,2$, ferner $16 \times 0_{,202} = 3_{,2}$ und $27 \times 0_{,113} = 3_{,2}$ u. s. w. Wäre daher das Atomgewicht eines Körpers, z. B. des Bleis, unbekannt, dagegen ausgemittelt worden, daß seine specifische Wärme $1_{,031}$ ist, so muß die obige Zahl $3_{,2}$, dividirt durch die specifische Wärme, das Atomgewicht des Bleis geben. Wirklich ist auch $\frac{3_{,2}}{0_{,031}} = 103$ als berechnetes Atomgewicht des Bleis übereinstimmend mit dem auf analytischem Wege bestimmten Atomgewicht desselben.

Eine weitere merkwürdige Beziehung zeigt sich bei flüssigen chemischen Verbindungen zwischen dem Siedepunkte und der chemischen Zusammensetzung derselben. Dieselbe tritt am deutlichsten hervor bei solchen Verbindungen, welche Glieder ein und derselben homologen Reihe (S. 196) sind. Man findet häufig, daß der Siedepunkt einer homologen Verbindung für je zwei Atome Kohlenstoff und Wasserstoff (C_2H_2), die sie mehr enthält, als eine andere Verbindung derselben Reihe um 15° R. höher liegt. Z. B.

		Siedpunkt:
Ameisensäure	$= C_2H_2O_4$	80° R.
Essigsäure	$= C_4H_4O_4$	$80 + 15 =$ 95° „
Propionsäure	$= C_6H_6O_4$	110° „
Buttersäure	$= C_8H_8O_4$	$110 + 15 =$ 125° „

Diese gesetzmäßige Steigerung des Siedepunktes um 15° R. für

das Hinzutreten von C_2H_2 gilt jedoch nur für homolog constituirte Verbindungen. Denn obwol Essigsäure $= C_4H_4O_4$ und essigsaures Methyloxyd $= C_6H_6O_4$ ebenfalls um C_2H_2 differiren, so ist doch der Siedepunkt der erstern bei 95° R., während das letztere schon bei 44° R. siedet, also bei einer um 50° R. niedern Temperatur. Vergleichen wir dagegen die Siedepunkte des essigsauren Methyloxydes und $C_6H_6O_4$ des ihm homologen essigsauren Aethyloxydes $C_8H_8O_4$, so ergeben die Temperaturen von 44° R. für ersteres und 59° R. den gesetzmäßigen Unterschied von 15° R.

Es läßt sich also der Siedepunkt einer Flüssigkeit benutzen zur Ermittelung der homologen Reihe, in welche eine chemische Verbindung gehört und wir heben deshalb hervor, wie abermals eine physikalische Thatsache von Wichtigkeit sich erweist für die theoretische und systematische Chemie.

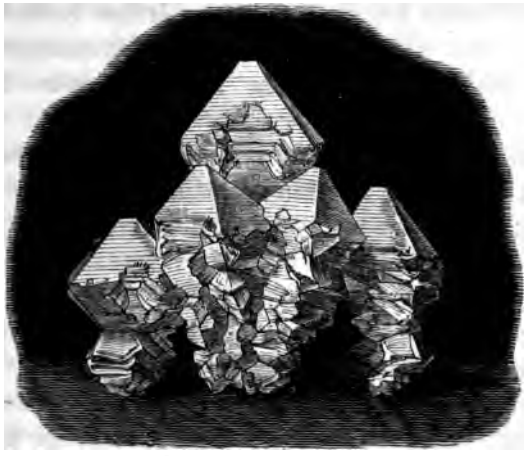
Daß endlich der innigste Zusammenhang zwischen chemischer Verwandtschaft und Elektricität stattfinde, daß eine jede chemische Zersetzung von Entwickelung der Elektricität begleitet ist, und daß der elektrische Strom die Fähigkeit besitzt, die chemischen Verbindungen zu zersetzen, ist S. 245, 246 in ausführlicher Weise gezeigt worden. Nach dem von Faraday aufgefundenen Gesetze ist die Elektricitätsmenge, welche eine chemische Verbindung zu ihrer Zersetzung bedarf, ebenso groß als diejenige, welche eine gleiche Menge derselben Verbindung bei ihrer galvanisch-chemischen Zersetzung liefert. Die bei letzterer Zersetzung entwickelten Elektricitätsmengen sind proportional den Atomgewichten der zersetzten Verbindungen. Für je 32 Gewichtstheile Zink, die zur Erzeugung des elektrischen Stroms gelöst werden, zersetzt dieser neun Gewichtsheile Wasser, und diese Zahlen verhalten sich wie die Atomgewichte des Zinks und des Wassers. Es lag daher die Idee nicht fern, den ganzen chemischen Proceß als einen elektrischen zu betrachten, und Berzelius gründete hierauf die S. 190, 248 besprochene elektrochemische Theorie.

Nur wenig Worte bleiben uns noch zu sagen über das Verhältniß der mathematischen Wissenschaften zur Chemie. Als Wissenschaft der Quantität ist die Mathematik die unentbehrliche

Genossin aller Forschungen im Bereiche der Natur, bei welchen auf dieses Moment Rücksicht genommen wird; und da wir überall sehen, daß erst von dem Augenblicke an, wo dies der Fall, die eigentlich wissenschaftliche Gestaltung des vorhandenen Materials beginnt, so ist hierdurch ihre Bedeutung für die Chemie begründet. Die von seiten der Chemie an die Mathematik bisjetzt gestellten Aufgaben reichen jedoch keineswegs über die Grenzen ihres Calculs und haben nicht, wie dies bei vielen physikalisch-mathematischen Betrachtungen der Fall ist, neue mathematische Methoden und Functionen hervorgerufen.

Einer besondern Anlehnung an den geometrischen Theil der Mathematik bedarf noch die Ausbildung der chemischen Formlehre, die Krystallographie. Hier treten allerdings Reihen von regelmäßigen und unregelmäßigen Gestalten auf, die weit über die fünf regelmäßigen Körper hinausgehen, welche der gewöhnliche Gegenstand der Stereometrie sind. Von der vereinigten Thätigkeit des Mathematikers, Chemikers und Mineralogen sind auf diesem Gebiete noch die interessantesten Aufschlüsse zu erwarten über die leise und wunderbar gestaltende Kraft der Materie.

So haben wir denn im Vorstehenden versucht, den innigen Zusammenhang darzustellen, der eine Wissenschaft mit allen Wissenschaften verbindet und somit auch der Chemie eine wahre culturgeschichtliche Bedeutung verleiht; wir haben endlich bei allem Streben, Versuchen, Forschen und Ringen im Bereiche der Natur nachgewiesen: in der Vielheit der Wege — die Einheit des Ziels!



Gruppe von Alaunkryſtallen.

IV. Die Chemie in ihrem Einfluſſe auf Kunſt, Gewerbe und Landwirthſchaft.

„Seit der Entdeckung des Sauerſtoffs hat die civiliſirte Welt eine Umwälzung in Sitten und Gewohnheiten erfahren. Die Kenntniß der Zuſammenſetzung der Atmoſphäre, der feſten Erdrinde, des Waſſers, ihr Einfluß auf das Leben der Pflanzen und Thiere knüpfen ſich an dieſe Entdeckung. Der vortheilhafte Betrieb zahlloſer Fabriken und Gewerbe, die Gewinnung von Metallen ſteht damit in der engſten Verbindung. Man kann ſagen, daß der materielle Wohlſtand der Staaten um das Mehrfache dadurch ſeit jener Zeit erhöht worden iſt, daß das Vermögen jedes Einzelnen damit zugenommen hat.„
Liebig's „Chemiſche Briefe".

Wir haben es unternommen, in dieſem Werke die Bedeutung der Chemie dem ganzen Umfange ihrer gegenwärtigen Entwickelung gemäß dem Leſer darzulegen. Das Reſultat der uns ſelbſt geſtellten Aufgabe läßt ſich aber in folgenden Sätzen zuſammengedrängt ausſprechen:

1) Die Chemie hat in ihrer gegenwärtigen Entwickelung den Standpunkt einer ſelbſtändigen, in ihren Erſcheinungen und Geſetzen an ſich höchſt bedeutenden und anziehenden Wiſſenſchaft erreicht.

2) Die Chemie ſteht in der innigſten Beziehung und Wechſelwirkung zu allen übrigen Wiſſenſchaften und nimmt hierdurch einen weſentlichen Antheil an der allgemeinen Geiſtesbildung.

3) Die Thatſachen und Geſetze der wiſſenſchaftlichen Chemie ſind die nothwendige Grundlage des Gedeihens und der Fortbildung aller derjenigen Gewerbe und Geſchäfte, bei welchen chemiſche Veränderungen des Materials auftreten.

In den bisherigen Ausführungen haben wir es verſucht, dem Nachweis der beiden erſten dieſer Sätze Genüge zu leiſten; jetzt ſtehen wir im Begriff, den dritten ſeiner Begründung entgegenzuführen. Wir könnten zu dieſem Zwecke die ganze Reihe der wichtigern chemiſchen Induſtrien in kurzen Skizzirungen mittheilen und ſomit gewiſſermaßen den Umriß ihres Gebiets geben. Dies wäre jedoch einerſeits zu viel, um leicht überſehen, und andererſeits zu wenig, um von denjenigen gehörig verſtanden zu werden, die nicht Chemiker von Fach ſind. Wir glauben unſern Zweck beſſer zu erreichen durch eine Reihenfolge von kleinen Abhandlungen, in welchen wir die Aufgabe in verſchiedene Theile zerlegen. Zuerſt vermitteln wir eine Verſtändigung über den Werth der Praxis und der Theorie und verſuchen alsdann den Einfluß der chemiſchen Theorie, namentlich die Bedeutung der rechnenden Chemie, der Stöchiometrie nachzuweiſen. Sodann führen wir den Leſer in einige nach wiſſenſchaftlichen Principien geleitete chemiſche Fabrikationen ein, welchen, als Beiſpiel dienend, die erforderliche Ausführlichkeit gegönnt werden ſoll. Hieran reiht ſich eine Darſtellung der quantitativen Bedeutung der chemiſchen Fabrikation des Zollvereins, ſowie der Rolle, welche die Chemie durch ihre Producte auf den großen Induſtrieausſtellungen geſpielt hat. Indem wir mit einem Ueberblick der landwirthſchaftlichen Chemie ſchließen, mag hieraus ſich wol ein Geſammtbild geſtalten von dem allverbreiteten Einfluß unſerer Wiſſenſchaft.

1. Praxis und Wissenschaft.

In dem Augenblick, wo wir als Behauptung aufstellen, daß nur an der Hand der Wissenschaft eine wahre und gedeihliche Blüte und Weiterentwickelung der chemischen Gewerbe möglich ist, sehen wir eine Reihe von Gegnern sich erheben, welche die Praxis als die Mutter der Industrie, ja als die Quelle der Wissenschaft ausrufen. In Beziehung auf die letztere Behauptung genügt es, auf die früher gegebene kurze geschichtliche Entwickelung der Chemie hinzuweisen, wo hinreichend gezeigt worden ist, wie diese Wissenschaft, gleich jeder andern Naturwissenschaft, nur aus einer Anzahl zufällig gefundener und empirisch angewendeter Thatsachen ihre ersten Anfänge ableiten konnte. Es wurde jedoch nicht minder nachgewiesen, wie der Gedanke fortwährend bemüht war, jenen Thatsachen Zusammenhang, Allgemeinheit und gesetzlichen Ausdruck zu verleihen, während wir jetzt auszuführen haben, mit welchem Auge die mit jenen Gesetzen bewaffnete Wissenschaft in das chaotische Gewühl der Praxis blickt. Die praktische Seite einer jeden Naturwissenschaft ist eben ihre thatsächliche Unterlage, ohne welche sie nicht existiren kann, so wenig wie eine Kraft sich äußern kann ohne das Vorhandensein einer Materie. Die Verschiedenartigkeit der Betrachtungsweise der Praxis und der Wissenschaft läßt sich vielleicht in dem Gleichniß darstellen, daß erstere den auf Hochgebirgen rinnenden Schnee, letztere dagegen den über warmen Meeren sich erhebenden Wasserdampf für die Quelle unserer Flüsse erklären würde.

Von unverkennbarer Bedeutung sind indessen die Leistungen der Praxis, wenn wir diese in einzelnen Gewerben verfolgen, und es soll an einigen Beispielen nachgewiesen werden, wie die ganz empirische, aber beharrliche und umsichtige Experimentirkunst chemische Processe in die Industrie eingeführt hat, welche auf theoretischem Wege auszuführen zu den schwierigsten, kaum erreichbaren Aufgaben gerechnet werden müssen. Im Bewußtsein solcher Leistungen kann daher die Praxis wol auftreten und dem gesetzkundigen Chemiker, dem Theoretiker, der geneigt wäre, sie über die Achsel anzusehen, etwa Folgendes zu bedenken geben:

Wer anders als der Praktiker hat denn, abgeſehen von den gemeinern chemiſchen Producten, den Säuren, Alkalien, Seifen, Glas- und Thonwaaren u. ſ. w., ſo merkwürdige und erfolgreiche Methoden aufzufinden vermocht, wie ſie namentlich bei manchen metallurgiſchen Arbeiten, im ſogenannten Amalgamationsproceß, in den Beizen und dem Glühwachs der Goldarbeiter, dem Schießpulver, in der Färberei, in verſchiedenen chemiſchen Erzeugniſſen der Chineſen, in dem Firniß und Lack der Wagen- und Glanzlederfabriken, in der Bereitung des Bieres u. ſ. w. hervortreten? Und hat nicht die auf rein experimentellem Wege von Daguerre ausgeführte Photographie alle gelehrten Akademien der Welt in Erſtaunen und gewiſſermaßen auf den Sand geſetzt?

Ferner, wenn die wiſſenſchaftliche Chemie von ſo förderlichem Einfluſſe auf die Gewerbe iſt, wie kommt es, daß z. B. Frankreich und Deutſchland in der Entwickelung namentlich mehrerer chemiſcher Induſtrien offenbar zurückſtehen im Vergleich zur Production Englands, wo das Wiſſen weniger allgemein verbreitet iſt, während dagegen insbeſondere Deutſchland wimmelt von Univerſitäten, polytechniſchen und Gewerbſchulen, auf welchen theoretiſche Chemiker in Maſſe gebildet werden?

Endlich iſt darauf hinzuweiſen, wie der Fabrikant nicht ſelten übel bedient wird, wenn er zum Profeſſor kommt, um ſich Raths zu erholen. „Das iſt meine Sache nicht, ich habe keine Zeit", und anderes mehr, ſind wol die abfertigenden Antworten für den troſtloſen Fabrikanten, der gläubig zum Orakel des Lehrſtuhls gepilgert war. Und wenn nun wirklich einmal der Gelehrte die Leitung eines techniſchen Geſchäfts verſucht, wie manche Beiſpiele ſind nicht bekannt geworden, daß ſolche Anſtalten nicht concurriren konnten mit andern, welchen ein reiner Praktiker vorſtand! Nicht ſelten konnten junge Männer, auf den beſten chemiſchen Hochſchulen gebildet, mit Kenntniſſen vortrefflich ausgeſtattet in den verſchiedenſten Zweigen der techniſchen Chemie, kein Geſchäft emporbringen, während Induſtrien, die ganz auf chemiſcher Grundlage beruhen, ſich in derſelben Zeit und in demſelben Lande zu einer außerordentlichen Blüte emporſchwangen, obgleich ſie von Leuten

ins Leben gerufen wurden, die von chemischer Theorie keine Ahnung hatten.

Es sind dies Thatsachen, welche allerdings den Werth der Wissenschaft für das Gewerbe in einem zweifelhaften Licht erscheinen lassen, und um die Leistungen der Praxis hervorzuheben, wollen wir nur eins der oben angeführten Beispiele hier einer nähern Betrachtung unterwerfen. Wir wählen hierzu den sogenannten Amalgamationsproceß, welcher angewendet wird, um aus Erzen von geringem Gehalt das Silber auszuscheiden. Wenn in solchen Erzen das Silber in metallischem Zustande enthalten ist, so erscheint dessen Gewinnung einfach. Die Erze werden aufs feinste zermahlen, hierauf längere Zeit mit hinzugefügtem Queckſilber geschüttelt, sodaß in letzterm das Silber sich auflöst und damit ein schweres Amalgam bildet, das man durch Abschlämmen mittels Wassers von dem Mineralschlamm trennen kann. Beim nachherigen Erhitzen des Amalgams entweicht das Queckſilber als Dampf und das Silber bleibt als Rückstand. Allein das meiste Silber ist in den Erzen als eine Verbindung mit Schwefel enthalten, die sich durch Queckſilber nicht ausziehen läßt. Es ist daher ein Verfahren einzuschlagen, wodurch zuerst das Silber vom Schwefel getrennt wird, um nachher der Amalgamation unterworfen zu werden.

In den Bergwerken von Mexico und Peru ist zu diesem Zwecke schon seit 1557 von den Spaniern ein Verfahren üblich geworden, das noch bis auf den heutigen Tag in Anwendung kommt und als der amerikanische Amalgamationsproceß bezeichnet wird. Es ist darauf berechnet, aus sehr armen Erzen, wovon der Centner nur zwei bis vier Loth Silber liefert, dieses Metall zu produciren, und zwar ohne Anwendung des in den dortigen Bergwerksdistricten so seltenen Brennmaterials.

Zu diesem Zwecke wird das feingepochte Erz mit Wasser und einer gewissen Menge Kochsalz zu einem Teig geknetet. Nach einigen Tagen erhält der Teig noch einen Zusatz von sogenanntem Magistral, d. i. schwefelsauerm Kupferoxyd, worauf dann, abermals nach einiger Zeit, Queckſilber in drei Zwischenräumen hinzugefügt wird. Es bildet sich jetzt in der Masse ein Amalgam aus Silber

und Quecksilber, das durch Abschlämmen von der Mineralmasse getrennt und, wie oben angeführt, der Destillation unterworfen wird.

Schreiten wir nun zur Erklärung dieses Processes, so spricht sich die Quelle, der wir vorstehende Notizen entnommen haben, über denselben in folgender Weise aus: „Dieser Proceß, durch den bei weitem das meiste Silber in den Handel gebracht wird, ist von so zusammengesetzter Natur, daß man dreist behaupten darf, man wäre nicht durch bloßes Nachdenken auf ihn verfallen; eine Behauptung, die indessen auf einige andere sinnreiche metallische Operationen, z. B. auf das Abtreiben des Silbers, ebenfalls ihre Anwendung finden mag."

Wenn daher schon dem Chemiker von Fach die Sache als eine verwickelte sich darstellt, so dürfen wir freilich kaum hoffen, dem Laien ein klares Bild der hier stattfindenden Zersetzungen darlegen zu können. Bedurfte es doch von seiten der Chemiker, welchen wir die Beschreibung und Erklärung des Amalgamationsprocesses verdanken, besonderer parallel laufender Versuche, um sich Einsicht in denselben zu verschaffen.

Die miteinander in Berührung gebrachten, am Proceß theilnehmenden Körper sind: Kochsalz (Chlornatrium), schwefelsaures Kupferoxyd, Silber, Schwefelsilber und endlich Quecksilber. Zunächst zersetzen sich die beiden erstgenannten Verbindungen: es entstehen aus denselben schwefelsaures Natron und zweifach Chlorkupfer. Letzteres wird von dem vorhandenen metallischen Silber zerlegt, unter Bildung von Chlorsilber und einfach Chlorkupfer. Es ist nun diese letztgenannte Verbindung, welche auf das Schwefelsilber einwirkt, sodaß Schwefelkupfer und Chlorsilber die Zersetzungsproducte sind. Man sieht, daß jetzt alles ursprünglich im Erz enthaltene Silber in Chlorsilber verwandelt ist, das durch den Einfluß des vorhandenen Kochsalzes aufgelöst wird und nun in Berührung mit dem allmählich hinzugefügten Quecksilber kommt. Es erfolgt nun die letzte Zersetzung, wobei Chlorquecksilber und metallisches Silber entstehen, welch letzteres mit noch übrigem Quecksilber zu dem schweren, durch Auswaschen abscheidbaren Amalgam sich vereinigt.

Das in den europäischen Bergwerken übliche Amalgamationsverfahren weicht von dem beschriebenen wesentlich ab, indem dabei Feuerung angewendet wird. Es ist jedoch von nicht minder interessanter Verwickelung. Doch wollen wir dem Leser die Mühe ersparen, sich durch eine weitere Zersetzungsreihe hindurchzuwinden, da hier, wie in den subtilen juristischen Processen, die geschickte und überraschende Ausführung doch nur vom Fachmann ganz zu würdigen ist.

Das gegebene Beispiel mag allerdings genügen, um die Leistungen einer jedenfalls auf reiche Erfahrung und ausgezeichnete Beobachtungsgabe gegründeten Praxis in ein glänzendes Licht zu stellen. Allein so sehr wir den Werth derselben ausdrücklich anerkennen, so folgern wir daraus nicht eine Herabsetzung der wissenschaftlichen Chemie in ihrer Bedeutung für die Gewerbe, und nicht schwer dürfte es fallen, die meisten der oben zu ihren Ungunsten aufgeführten Momente in ihrer Einseitigkeit aller Beweiskraft zu entkleiden. Indem wir zunächst zugeben, wie die Praxis eine bedeutende chemische Industrie ins Leben gerufen hat, und uns vorbehalten, später zu zeigen, was die chemische Theorie aus dieser Grundlage zu entwickeln wußte, wollen wir hier nur einige der allgemeinen Bemerkungen zu widerlegen suchen.

So wurde oben bemerkt, daß die Blüte der Gewerbe keineswegs allerwärts im Verhältniß zur wissenschaftlichen Ausbildung der Individuen und Länder stehe; daß Deutschland mit seinem reichen Fonds naturwissenschaftlichen Wissens industriell gegen England weit in den Hintergrund treten müsse! Wären „Wissen und Können" die alleinigen Factoren des Gewerbes, dann würde allerdings Deutschland an der Spitze erscheinen müssen. Allein, wie leicht einzusehen, gehören zur Entwickelung und Blüte einer großen und mächtigen Industrie noch ganz andere Bedingungen, die leider in unserm Vaterlande so sehr vermißt werden, während England sich eines bereits jahrhundertelangen Genusses derselben zu erfreuen hat.

Fassen wir die ungeheuern Vortheile der englischen Industrie gegenüber der deutschen in wenig Worte zusammen, so finden wir

dort, außer der bereits erfolgten Amortisation der Anlagekosten aller der schon seit längerer Zeit bestehenden großen Etablissements, eine größere, den niedrigern Zinsfuß bedingende Kapitalanhäufung, zahlreiche Creditanstalten und eine schnellere Zahlungsart, mit wöchentlicher Abrechnung. Ein allgemeiner Welthandel mit gesichertem Absatz nach den Colonien, die ausgezeichnetsten innern und äußern Transportmittel, letztere unter dem Schutze einer mächtigen Flotte, machen dort die großartigsten Unternehmungen möglich. Rechnen wir hierzu noch den Vortheil der Nähe der größten Märkte der vorzüglichsten Rohstoffe, die Sorgfalt, mit welcher Erfindungen durch Patentgesetze gesichert und belohnt werden, im ganzen Gebiete Gleichheit in Münze, Maß, Gewicht, Wechsel- und Handelsgesetzen: und man darf sich billig wundern, daß ein Land wie Deutschland, in welchem alle diese genannten Vortheile fast als negative Werthe erscheinen, überhaupt nur eine Industrie emporzubringen im Stande war, ja, wie England in diesem mit verkümmerten Zuständen ringenden Gebiete mehr und mehr einen Nebenbuhler entstehen sieht und zu verderben sucht.

Eine Vergleichung der chemischen Producte der londoner Industrieausstellung im Jahre 1851 ließ deutlich erkennen, daß die Industrie Englands sich auf einzelne Artikel concentrirt, diese in ungeheurer Quantität erzeugt, sodaß Werke, wie die von Tennant in Glasgow, Musspratt in Liverpool, Bradwell in Newcastle und andern mehr, auf dem Continent nur wenige Rivalen hinsichtlich ihrer Großartigkeit haben mögen. Diese Einseitigkeit hat, wie eine jede Theilung der Arbeit, ihre vortheilhafte Seite, indem sie es ist, die vorzugsweise dem Producte große Güte und Wohlfeilheit verleiht. Vortheile, welche die englische Fabrikation begünstigen, können theilweise nur durch die Entfaltung einer größern Vielseitigkeit aufgewogen werden; und aus der großen Mannichfaltigkeit der chemischen Producte der deutschen Aussteller ist mit Recht auf eine verbreitetere chemische Ausbildung zu schließen, was hervorzuheben selbst der englische Bericht nicht verfehlt. Gegenüberstehende Industrien sind aber aufgestellten Heeren vergleichbar. Setzen wir numerische Stärke, Muth, physische Kraft,

Ausrüstung u. s. w. auf beiden Seiten gleich, so muß endlich der Sieg für diejenige sich entscheiden, auf welcher wir die größte taktische Ausbildung antreffen.

Unglaublich erscheint die Quantität der einfarbig blauen und rothen Baumwollenzeuge, die England producirt und zur Bestreitung der einfachen Toilette der Neger und Indianer ausführt: allein in feinen bunten Kattunen und Musselinen behaupteten seither die Schweizer und namentlich die Franzosen durchaus den Vorrang. Abgesehen von dem Dessein, erfordert die Application verschiedener Farben umfassende chemische Kenntnisse; und begeben wir uns nach Mühlhausen, dem Mittelpunkte dieser Fabrikation in Frankreich, so finden wir in den betreffenden Druckereien allerwärts das Farbwesen in den Händen theoretisch gebildeter Chemiker. Ja, englische Kattundruckereien ließen theoretisch gebildete Chemiker längere Zeit in Mühlhausen arbeiten und studiren, um die Fortschritte der französischen Farbenindustrie nach England zu verpflanzen.

Was wir nun hier im allgemeinen für den industriellen Aufschwung der Nationen behauptet haben, gilt auch für die Unternehmungen einzelner. Das chemische Wissen und Können allein reicht auch hier nicht aus, um eines Erfolgs bei Anlage einer Fabrik sicher zu sein. Es ist hierzu außer dem Kapital noch ein wichtiges Erforderniß nothwendig, nämlich kaufmännische Kenntnisse. Nur eine glückliche Vereinigung dieser drei Factoren, die in England ungleich leichter sich zusammenfinden als bei uns, gibt die größte Sicherheit für das Gedeihen eines Gewerbes, und eine nähere Untersuchung würde lehren, daß in den meisten Fällen solche Fabrikanlagen, die von tüchtigen Theoretikern unternommen wurden und nicht glückten, entweder von vornherein unrichtig calculirt waren, oder daß sie infolge mangelhafter mercantilischer Leitung zu Grunde gegangen sind. Aus Fällen der Art aber läßt sich natürlich kein Argument gegen das theoretische Wissen bilden.

Welchen Aufschwung dagegen ein Fabrikwesen unter wissenschaftlicher Leitung nehmen kann, zeigte sich bei der Tabackmanu-

factur und Porzellanerzeugung in Oeſterreich, nachdem Baumgartner, als Gelehrter, Miniſter und Präſident der Akademie gleich ausgezeichnet und hochverdient, die Direction dieſer Induſtrien in die Hände genommen hatte. In ähnlicher Weiſe ſind bei dem wichtigen Fabrikationsgeſchäft der Münze in Frankreich ſeit langeher Chemiker vom erſten Ruf, wie Gay-Luſſac, Pelouze und andere, mit der obern Leitung beauftragt geweſen. Als das auffallendſte Beiſpiel aber, welchen Werth man in Frankreich auf eine wiſſenſchaftliche Einſicht in großen Induſtrien legt, iſt anzuführen, daß Napoleon III. den ausgezeichneten Chemiker Regnault, der als Director der berühmten Porzellanfabriken von Sèvres keinen Anſtand nahm, dem Kaiſer gegenüber zum entſchiedenſten Republikanismus ſich zu bekennen, nicht etwa aus ſeiner Stellung entfernte, ſondern demſelben einen neuen Wagen zum Geſchenk machte!

Zu erklären bleibt dagegen, wie wir noch jetzt nicht ſelten Gewerbe in großer Blüte erblicken, die ganz oder zum großen Theil auf chemiſcher Grundlage beruhen, und deren Eigenthümer oder Gründer doch gar nichts oder nur äußerſt wenig von Chemie verſtehen. Hier werden wir in der Regel die beiden andern Factoren in vorwiegendem Maße wirkſam finden: das Capital und die kaufmänniſche Speculation. Für ſchweres Geld iſt dann oft die Methode oder das Recept, nach welchem fabricirt wird, gekauft worden, mit ſchwerem Gelde werden Werkführer und Arbeiter aus andern Fabriken gewonnen und entführt, und nicht ſelten hängt das ganze Geſchick ſolcher Geſchäfte an einem Geheimniß, das verrathen, an einer Perſönlichkeit, die beſtochen werden kann. Und welche Troſt- und Rathloſigkeit herrſcht dann gerade in ſolchen Fabriken, wenn die geringſten Zufälligkeiten, die im Recept nicht vorgeſehen ſind, ſtörend auf deſſen Ausführung einwirken, wenn anderwärts neue Methoden auftauchen und das Recept zu überflügeln drohen! Die letzte Zuflucht ſolcher Unternehmungen wird unvermeidlich die Wiſſenſchaft ſein müſſen, denn nur dieſe iſt im Stande, das Zufällige vom Geſetzmäßigen, das Unweſentliche vom Nothwendigen zu unterſcheiden und demgemäß zu handeln.

Allein hier begegnen wir der oben angeführte Klage, daß der Belehrung suchende Industrielle beim Gelehrten ein wenig geneigtes Ohr finde und selten befriedigenden Bescheid erhalte. Wenn wir nun im allgemeinen zugeben wollen, daß vorzugsweise in Deutschland die Wissenschaft, von gelehrtem Nymbus umhüllt, eine ziemlich aristokratische Abgeschlossenheit gegen das Leben beobachtete, so hat sich dies in der neuern Zeit doch wesentlich zum Vortheil gewendet und namentlich waren es die Naturwissenschaften, die am meisten anregten, den Resultaten der strengen Forschung in leicht zugänglicher Form eine allgemeine Verbreitung zu verschaffen. Allein niemals dürfen wir die Hochschule in eine Industrieanstalt verwandeln wollen, niemals zugeben, daß in den Hallen des Tempels die Tische der Wechsler und Krämer aufgestellt werden. Wir erinnern uns recht wohl, wie in Liebig's chemisches Laboratorium junge Leute aus den verschiedensten Industriezweigen eintraten, um sich auszubilden, und wie ein jeder zunächst mit dem Gegenstande seines Geschäfts sich zu befassen gedachte. Der Drucker wollte in Farben arbeiten, der Seifen- und Stearinfabrikant in Talg und Fett, der Apotheker wünschte vor allen Dingen pharmaceutische Präparate darzustellen u. s. w., und alle waren höchlich verwundert, daß keinem etwas dergleichen gestattet, daß allen die gleiche Aufgabe gestellt ward, sich genau mit der chemischen Analyse vertraut zu machen, als derjenigen Methode, an welcher sowol die Gesetze der Wissenschaft als auch das praktische Verfahren, Versuche anzustellen und Untersuchungen durchzuführen, erlernt werden. Hiermit ausgerüstet, lautete die Weisung, kehre dann jeder nach Hause in sein Geschäft zurück, wo ihm Lokal, Material und Hülfe zu Gebote stehen, mit Erfolg an der Verbesserung von dessen Betrieb zu arbeiten.

Wenn nun die Universität ihrer Bestimmung nach nicht auf den einzelnen Geschäftsbetrieb sich einlassen kann, so ist dies doch wol von der polytechnischen und technischen Fachschule um so mehr zu erwarten? Allerdings werden auf diesen Anstalten die einzelnen Fabrikationszweige im einzelnen zum Gegenstande des Vortrags gemacht, und zwar nicht blos nach ihrer theoretischen Grundlage

erörtert, ſondern auch durch Verſuche und praktiſche Uebungen erläutert und gelehrt. Insbeſondere findet dies auf den ſpeciellen Schulen ſtatt, wie Bergakademien, landwirthſchaftlichen Inſtituten und Druckereilehranſtalten. Begreiflicherweiſe kann hier jedoch nur das gelehrt werden, was allgemein bekannt iſt; und von welch außerordentlichem Nutzen Anſtalten derart für den werdenden Fabrikanten ſein mögen: demjenigen, der bereits etablirt iſt und Hülfe ſucht, ſind ſie ſelten dienlich. Denn dieſer will ja nicht das Bekannte, allgemein Uebliche, ſondern das Neue und Beſondere; er will entweder eine neue, wohlfeilere Methode oder einen ganz neuen Gegenſtand der Production. Kann er dieſe nicht aus ſich hervorbringen, ſo wird er um ſo mehr geneigt ſein, ſich bei den gelehrten Chemikern von großem Ruf Rath erholen zu wollen, je mehr wir beſtrebt ſind, die Leiſtungen derſelben und ihren Einfluß auf alle Phaſen des Lebens zur Anwendung zu bringen.

Es ſind dem Verfaſſer mannichfache Berührungen von Gelehrten und Fabrikanten ſammt den hervorgegangenen Reſultaten bekannt geworden, und es hat ſich in dieſer Beziehung in den verſchiedenen Ländern eine ſehr ungleiche Praxis gebildet. In England, wo unter Umſtänden alles eine Waare iſt, insbeſondere aber die Zeit, die Idee und ein anerkennender Ausſpruch eines Gelehrten von Fach, und wo dieſelben auch als ſolche geſchätzt werden, hat ſich ſchon früh der Verkehr zwiſchen beiden Theilen auf dieſe Grundlage hin geregelt. Ein auf theoretiſchem Wege gefundenes, in der Technik brauchbares Reſultat findet dort ſogleich Kapital und Patentſchutz und erweiſt ſich hierdurch nicht nur dem Gemeinweſen, ſondern auch dem Entdecker nützlich und dankbar. Dem Techniker fällt es ebenſo wenig ein, die Zeit und das Nachdenken des gelehrten Chemikers in Anſpruch zu nehmen, ohne dafür eine angemeſſene Belohnung zu gewähren, als wir bei Conſultationen berühmter Aerzte und Rechtsgelehrten die goldenen Schlüſſel vergeſſen werden. Es wird dem Leſer von großem Intereſſe ſein, in dieſer Beziehung einige Mittheilungen zu vernehmen, die dem Preiscourant eines engliſchen Chemikers wörtlich entliehen ſind. Der letztere hat in Liverpool ein chemiſches Unterrichtsinſtitut mit Laboratorium errich-

tet und ertheilt Consultationen an den Handels- und Fabrikstand daselbst. Einige Beispiele mögen zeigen, wie ins einzelne vorsehend die Preise bestimmt sind und welche Werthe dort für Zeit und Bemühungen in Anspruch genommen werden:

Untersuchung eines Fabrikationsprocesses	100—700	Thaler
Diäten ohne Unkosten	35	„
Eine Consultation	7	„
Boden- oder Düngeranalyse	7	„
Dieselbe, quantitativ	14—28	„
Hydraulischer Kalk (Analyse)	7—14	„
Chininbestimmung	14	„
Sodaprobe	3⅓	„
Braunsteinprobe	3⅓	„

u. s. w.

Viel naivere Beziehungen bestanden in dieser Hinsicht seither in Deutschland. Es war im allgemeinen die Ansicht herrschend, daß ein guter Rath dem Chemiker nichts koste, also auch dessen Ertheilung keines Honorars bedürfe. Man kann behaupten, daß die Chemiker der deutschen Universitäten mit großer Bereitwilligkeit und Uneigennützigkeit der Technik ihren Beistand gewährten, bis Erfahrungen des Misbrauchs und der Undankbarkeit dieselben etwas zurückhaltender machten. Werden wir doch hier an ein Beispiel erinnert, daß ein Lehrer der Chemie durch Rath, Anweisung und Versuche nach und nach einem rührigen, aber unwissenden Unternehmer ein Geschäft einrichtete, welches einen enormen Aufschwung nahm und den letztern zu einem reichen Manne machte, ohne daß er daran dachte, den eigentlichen Gründer des Unternehmens nur entfernt angemessen zu belohnen!

Aus diesen Erörterungen mag ein Grund entnommen werden, warum bisher ein Theoretiker auf die Anfragen des Praktikers nicht immer so bereitwillig Antwort zu ertheilen bereit ist. In neuerer Zeit hat sich hierin auch bei uns in solchen Dingen ein zweckmäßigeres Verhältniß herangebildet. Es fehlt nicht an technischen Chemikern, die mit und ohne veröffentlichtem Preiscourant bereit sind

zur Beantwortung und Lösung industrieller Aufgaben. Insbesondere sind auch die meisten chemischen Institute der Universitäten und technischen Lehranstalten hierzu eingerichtet und erbötig.

Weitere Gründe zur Erschwerung des Einflusses der Theorie liegen jedoch meist in dem Gegenstande selbst. Die gestellten Fragen sind im allgemeinen zweierlei Natur. Entweder beziehen sie sich auf Umstände, die mehr oder weniger auf der Hand liegen und leicht zu befriedigen sind, oder sie betreffen gewisse Schwierigkeiten in den Fabrikationen, deren Ueberwindung eine höchst genaue Kenntniß ihrer Einzelheiten, selbst der Lokalitäten, namentlich auch in physikalischer Beziehung, eine Berücksichtigung aller Umstände erfordert. Fast niemals ist der Fabrikant im Stande, hierüber genügende Auskunft zu geben. Er weiß weder die eigene Frage richtig und genau zu stellen, noch die an ihn gerichteten zu beantworten. Theoretiker und Praktiker reden eine beiderseitig unverständliche Sprache. Hierzu kommt nicht selten der Umstand, daß der Fabrikant wesentliche Punkte seines Verfahrens, sein Fabrikgeheimniß, aus Mistrauen verschweigt oder ungenau angibt und dennoch Verbesserung seiner Methode, Entfernung von Mißständen zu verlangen im Stande ist. Mit Recht wird die Wissenschaft solche Zumuthungen zurückweisen und solche Fragen unbeantwortet lassen. Der beste hier zu ertheilende Rath wird darin bestehen, in ein solches Geschäft einen tüchtig gebildeten Theoretiker aufzunehmen und eine Zeit lang arbeiten zu lassen. Dieser wird am ersten im Stande sein, Fehler zu beseitigen und Fortschritte zu veranlassen. Es muß überhaupt zur Vermittelung von Theorie und Praxis eine Klasse gebildeter Chemiker dienen, welche Processe chemischer Fabrikation übernehmen, wie der Anwalt die juristischen, welche die Entdeckungen der Wissenschaft fruchtbar zu machen verstehen in den Gewerben, während die Wissenschaft selbst den kaufmännischen Trafik, den Speculationsgeist, die Ausbeutung entfernt hält von der akademischen Lehrkanzel.

Und nun zum Schluß dieses Kapitels noch einige Worte über den Ruhm, welchen sich die Praxis infolge mehrfach rein auf dem Wege des Versuchs erreichter Resultate zuzuschreiben geneigt sein

dürfte. Gewiß, wir erkennen das Verdienstliche derselben an, wir haben selbst merkwürdige und auffallende Beispiele solcher Leistungen angezogen. Allein wenn wir ebenso wol im Stande wären, die tausend und aber tausend erfolglosen Unternehmungen anzuführen, welche von unwissenden Experimentatoren schon unternommen worden sind; wenn es möglich wäre, hier aufzuzählen, welch ungeheuere Summen unter den Händen empirischer Laboranten bereits in Rauch aufgegangen sind, welche Anzahl von Industrien, in der überlieferten Praxis beharrend, rückwärts oder zu Grunde gegangen sind: so würden wir unbedenklich einer Methode den Rücken wenden, die auf einen ungewissen Gewinnst so viele Nieten erwarten läßt, und mit Sehnsucht müßten wir nach einem Führer uns umsehen, der unsere Opfer an Arbeit und Capital über den Zufall des bloßen Probirens erhebt. Ein solcher Wegweiser ist jedoch allein die wissenschaftliche Chemie.

2. Einfluß der chemischen Theorie.

In der Eröffnungsrede seiner Vorlesungen zu München sagt Liebig: „Theorie heißt die Darlegung des Zusammenhangs aller derjenigen Naturgesetze, durch deren Zusammenwirken eine Erscheinung, ein Vorgang bedingt wird. Jede Eigenschaft eines Körpers gibt unter Umständen einen Schlüssel ab, um eine verschlossene Thür zu öffnen, aber die Theorie ist der Hauptschlüssel, womit wir alle Thüren öffnen. In unserm Sinne ist die Theorie die Summe aller Praxis; sie beruht auf der genauesten Kenntniß der Thatsachen und Naturgesetze und ist aus dieser Kenntniß hervorgegangen.“

Die Ueberlegenheit des theoretisch Gebildeten beruht demnach hauptsächlich darauf, daß er nicht blos auf die eigene Erfahrung beschränkt ist, sondern daß er den Inhalt der Gesammterfahrung in der gedrängten Form des Gesetzes besitzt. Vor allem ist es das Gesetz der bestimmten Gewichtsverhältnisse, in welchen die Stoffe chemisch miteinander sich verbinden, und das hierauf begründete genaue analytische Verfahren, welches vom

erfolgreichsten Einfluß in der angewendeten Chemie sich erweisen muß.

Die Analyse gibt dem Fabrikanten Gewißheit über die Beschaffenheit seines Materials und dient ihm als Wegweiser bei dessen Auswahl. Das Gesetz der Aequivalente ist der Regulator, der ihm die Quantität des zu erwartenden Products voraussagt und ihn hiernach seine Methode einrichten läßt; und die Ueberzeugung, daß eine Umwandlung, eine Erzeugung der Materie unmöglich ist, schützt ihn vor unsinnigen Unternehmungen, wie solchen in weitgehendem Irrthum die Goldmacher anheimgefallen sind.

Genaue Kenntniß des Rohmaterials ist in wenig Worten die erste Bedingung jeder Fabrikation, deren Mangel die günstigsten Umstände zum Betriebe eines Geschäfts aufheben kann. Seit Jahrhunderten wird in amerikanischen Silberbergwerken eine Mineralmasse unter dem Namen des früher beschriebenen Magistrals im Amalgamationsprocesse angewendet, ohne daß man wußte, welches dessen eigentlich wirksamer Bestandtheil sei, bis endlich die Analyse zeigte, daß jenes Mineral Kupferkies enthalte, der beim Rösten in schwefelsaures Kupferoxyd übergehe, und daß man daher das Magistral geradezu durch Anwendung dieses Salzes ersetzen könne. Ein Cardinalpunkt der pharmaceutischen Waarenkunde war früher die Beurtheilung der Güte der China- oder Fieberrinde. Nur an äußere Merkmale sich haltend, wurden die zufälligsten Nebendinge zu wichtigen Kennzeichen erhoben, in kostbaren Kupferwerken die Flechten beschrieben, die auf den Chinarinden sich vorfinden und mit deren Studium und Namen die Apothekerlehrlinge geplagt. Der Chininfabrikant, der gegenwärtig jene Rinde im Werthbetrage von Hunderttausenden einkauft, entschließt sich dazu nach einem kurzen, aber entscheidenden analytischen Verfahren, das ihm den Gehalt der Rinde an Chinin angibt.

Für die große chemische Fabrikation gibt es nur wenige Stoffe, die mehr von Bedeutung sind als Braunstein und Soda. Nichtsdestoweniger kommen beide in so verschiedener Güte im Handel vor, daß ihre Beurtheilung von größter Wichtigkeit für den Fabrikanten ist. Der Braunstein ist ein Mineral von schwarzer Farbe, welches

vorzüglich in der Chlorfabrikation angewendet wird. Sein Werth wird von dem Sauerstoffgehalt abhängig, der bei reinstem Braunstein 36 Procent beträgt, während der im Handel vorkommende durch Beimengung von Gangart oder von minder sauerstoffreichen Manganoxyden eine bald mehr bald weniger bedeutende Verringerung seines Werths erleidet. So z. B. kommt bei Gießen Braunstein vor, der nahezu 97 Procent Manganüberoxyd enthält und daher ein fast reines Product ist, im Vergleich zu Sorten, von denen der Fabrikant das anderthalbfache, ja das doppelte Gewicht nöthig hat, um ein und dieselbe Menge von Chlor zu produciren. Ein guter Braunstein muß wenigstens 60 Procent Manganüberoxyd enthalten. Bessere Sorten enthalten 70—75 Procent; solche über 80 Procent kommen im Großhandel nicht vor. Ausgezeichnete Chemiker waren bemüht, einfache und sichere Methoden aufzufinden, um die geringsten Unterschiede in der Güte eines so wichtigen Materials leicht und schnell nachzuweisen; allein wie sehr man auch hierauf Bedacht genommen hat, so erfordern doch alle bisjetzt bekannten Verfahrungsarten, selbst die so vervollkommneten volumetrischen Methoden theoretische Kenntniß und Geübtheit in Anstellung des feinern Versuchs, sowie in der Kunst des Wägens.

Bei der Soda kommen so auffallende Unterschiede in der Güte nicht wohl mehr vor und die Prüfung ist leichter; allein dennoch wissen wir, daß Praktiker englische Soda wegen des etwas billigern Preises einem deutschen Fabrikate vorzogen, obgleich dasselbe um acht Procent reicher an kohlensaurem Natron war, was jene Preisdifferenz mehr als aufzuwiegen im Stande ist.

Bei einigermaßen bedeutend geringem Gehalte seines Materials wird zwar ein Praktiker auch bald einen Nachtheil in dem Ergebniß seiner Fabrikation wahrnehmen; da aber in den meisten Geschäften verschiedene Stoffe verwendet werden und außerdem die Methode noch von großem Einfluß ist, so kann er lange über die Quelle des Uebels in Ungewißheit sein. Hat der Fabrikant diese endlich erkannt, so ist er immer noch nicht im Stande, den Umfang genau auszumitteln; er wird überhaupt auf das Gebiet des Probirens gedrängt werden, auf welchem zeit- und geldraubendes

Hin- und Herziehen schon so manches Unternehmen zu Grunde gerichtet hat.

Noch sei uns vergönnt, aus einem andern Productionszweige Beispiele anzuführen, welcher Werth auf genaue analytische Bestimmung der Qualität des Materials gelegt wird, nämlich aus dem Gebiete der Agricultur. Am ganzen Oberrhein wird die aus den Raffinerien abfallende Knochenkohle aufgekauft und nach Frankreich befördert. Die Wichtigkeit dieses Artikels für die Pflanzencultur hat veranlaßt, daß derselbe durch bestellte Chemiker untersucht und das Ergebniß der Analyse jeder Tonne angeheftet und nur hiernach der Preis bestimmt wird. Auch hinsichtlich des Guano hat die Landwirthschaft sich bereits genöthigt gesehen, den Analytiker zu Hülfe zu rufen, und ein ähnliches Verfahren, wie bei jener Knochenkohle, wird vielleicht auch hier noch in Uebung kommen müssen.

Das analytische Verfahren ist noch in einer andern Beziehung von unschätzbarem Werthe für den Techniker. Ausgerüstet mit demselben, gibt es für ihn keine Geheimnisse der Composition mehr. Es komme eine neue Metalllegirung, eine neue Farbe oder ein neues Arzneimittel in den Gebrauch: die Zusammensetzung derselben wird dem geschickten Analytiker nicht lange verborgen bleiben. Ist aber diese ausgemittelt, dann ist es nur noch die Methode der Darstellung, welche er aufzusuchen hat. Wir erinnern in dieser Beziehung nur an einige der neuesten Zeit angehörige Beispiele. Es zeigten sich unlängst in Süddeutschland einige Franzosen, welche ein neues Verfahren der Gerberei feilboten, das in der unglaublich kurzen Zeit von einem Tage das vorzüglichste Sohlleder fertig bringen sollte. Als jedoch eine Probe ihres Products in die Hände eines Chemikers gelangte, fand derselbe bald, daß die Haut durch Behandlung mit Eisenvitriol allerdings sehr schnell das Ansehen, aber keineswegs die Eigenschaften des Leders erhalten hatte. Dies war das ganze Geheimniß, dessen Besitzer alsbald verschwanden. Bekannter ist die große Revalentafrage. Trotz aller Ereiferung und Marktschreierei des Mehlhändlers Barry du Barry in London haben die deutschen Chemiker vollkommen recht, wenn dieselben die

Revalenta für nichts Anderes als ein Gemenge des Mehls einer Hülsenfrucht mit einem feinen Getreidemehl erklären. Die Zuträglichkeit und Leichtverdaulichkeit des Wundermittels wird hierdurch keineswegs bestritten, eher bestätigt, als vielmehr die Prellerei bekämpft, für solche wohlfeile Substanzen dem leichtgläubigen Publikum fabelhafte Preise abzulocken.

Schon früher wurden die Thatsachen angeführt, als deren allgemeiner Ausdruck das Gesetz zu betrachten ist, daß alle Stoffe untereinander in unabänderlich bestimmten Gewichtsverhältnissen sich verbinden. Dieses an sich höchst interessante Resultat, welches die Grundlage der ganzen Atomtheorie ausmacht, erweist sich zugleich von ganz unschätzbarem Werthe für die angewendete Chemie.

Nichts ist im Stande, ein größeres Erstaunen hervorzurufen, als das unfehlbare Zusammentreffen irgendeiner wissenschaftlich vorausberechneten Erscheinung mit dem Erfolg in der praktischen Ausführung. Unvergeßlich wird mir in dieser Hinsicht der erste Besuch auf einer Sternwarte sein, den ich noch in jungen Jahren, in Gesellschaft anderer, an einem schönen Vormittage machte. Der Astronom, ein alter Herr in schwarzem Kleide, mit weißem Haar und kahlem Scheitel, führte die Gesellschaft mit freundlicher Gefälligkeit hinauf und zeigte die kostbaren Instrumente, große Refractoren, das Passageninstrument, den Kometensucher, das Heliostat, das Aequatorial und andere mehr, an welchen, wie gewöhnlich von Seiten der Laien, mehr der Glanz der eleganten Messingarbeit als die feinen Kreistheilungen, mehr der hohe Preis als die große Oeffnung der Linsen beachtet wurde. Als ein astronomisches Rohr auf einen entfernten Gegenstand gerichtet ward, wunderten sich die Damen, daß hier alles umgekehrt erscheine, und meinten, ob dies wol die Ursache früherer Verkehrtheiten in der Astronomie gewesen sein möge. Als man ihnen hierauf ein Erdfernrohr überließ, ergab sich alsbald die bekannte Erfahrung, daß die meisten Personen nicht leicht im Stande sind, einen entfernten Gegenstand in das Sehfeld eines Fernrohrs zu bringen. Es dauerte daher lange, bis alle einen entfernt im Felde pflügenden Bauer aufgefunden und dessen Knöpfe gezählt hatten. Der Professor, der mit lächelnder Geduld

diese Bemühungen mit angesehen hatte, richtete jetzt die Frage an die Gesellschaft, ob dieselbe nun auch einmal einen Gegenstand am Himmel, etwa den Jupiter, zu sehen wünsche. Alle hielten diese Frage für eine Mystification, denn am blauen Himmel über uns war die Sonne der einzig sichtbare Gegenstand. Der alte Herr sah jedoch nach der Uhr, zog dann ein kleines Buch aus der Tasche, blickte einige Secunden aufmerksam hinein und stellte hierauf ein mächtiges Rohr nach der Theilung der verschiedenen Kreise. Nochmals warf er einen Blick in das Buch, nochmals prüfte er die richtige Stellung durch eine scharfe Lupe; dann nahm er die Kapsel von der Oeffnung des Fernrohrs hinweg und ersuchte uns nun, durch dasselbe den Blick nach dem Himmel zu richten. Alle zögerten. Jedermann erwartete irgendeine Täuschung, welcher niemand zuerst sich aussetzen wollte, und dies verschaffte dem Jüngsten der Gesellschaft den Vorrang, den Anfang zu machen. Ein Ruf der Ueberraschung und des Erstaunens entfuhr aber diesem, als er, durch das Rohr sehend, die zwar blasse, aber deutlich begrenzte Scheibe des Jupiter erkannte. Was soll man hier mehr bewundern, die Sicherheit, mit welcher die Berechnung aus den Bewegungsgesetzen des Planeten dessen Ort vorausbestimmte, oder die hohe Vollendung eines Instruments, das in einem Falle sich bewährte, wo schon die Abweichung eines Tausendtheils der Secunde bei der ungeheuern Entfernung jenen kleinen Gegenstand dem Sehfeld entrücken müßte! Wer aber war im Stande, dem Mechaniker eine solche Aufgabe zu stellen, ohne den Weg zur Erreichung vorzuzeichnen; wer sonst als der Mann der Wissenschaft, der Theoretiker, der Gelehrte! Und fürwahr, kein schönerer Triumph, keine reinere Freude kann eines Menschen Brust erfüllen, als in den milden, geistvollen Zügen des Professors sich spiegelte, bei den sich folgenden Ausdrücken der Bewunderung von seiten der Gesellschaft.

Wählen wir noch ein anderes, lebendiger in die Gegenwart eingreifendes Beispiel, um den Einfluß der Wissenschaft auf die Praxis hervorzuheben. Als die ersten Nachrichten von dem Plan der Aufstellung des Glaspalastes ins Publikum drangen, da war

es auch eine Art von vorsichtiger Ungläubigkeit, mit welcher dieselben aufgenommen wurden. Ein Palast aus Glas — welche Verbindung der Vorstellungen des Großen, Erhabenen, Soliden und des Schwachen, Zerbrechlichen, Haltlosen! Und war nicht ein jeder Denkende überrascht, als bald darauf die Ausführungen der Ingenieure sich vernehmen ließen und zeigten, welche Tragfähigkeit die eisernen Pfeiler, die Strebungen, die Stäbe und Glastafeln bei dieser Dicke und Höhe, bei jenem Flächeninhalt und beliebiger Neigung haben müssen; als sie mit größter Genauigkeit nicht allein das eigene Gewicht der Ueberdachung, sondern auch den Druck des Windes und die Last des etwa aufliegenden Schnees berechneten? Erkennen wir hier nicht das vereinte Zusammenwirken mehrerer Disciplinen, der Mathematik, der Physik und Meteorologie, zur Lösung der Aufgabe, wie sie bei der nachherigen Verwirklichung sich vollkommen bewährten!

Auch die Chemie hat ihre bestimmenden Gesetze, ihre vorausberechnende Theorie, und die Wissenschaft der Gegenwart unterscheidet sich hierdurch wesentlich von der der Vergangenheit.

Die Worte: Chlor, Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Kalium, Calcium, Natrium u. s. w. sind für uns nicht bloße Namen: sie sind zugleich der Inbegriff der bestimmten Zahlenwerthe, nach welchen jene Stoffe untereinander sich verbinden. Wir wissen, daß diese Namen zugleich die Zahlen 35, 8, 1, 6, 16, 39, 20, 23 bedeuten; daß, wenn Chlor mit Natrium sich verbindet, dies nur in den Gewichtsverhältnissen von 35 und 23 geschieht, daß ein Gewichtstheil Wasserstoff immer acht Gewichtstheile Sauerstoff erfordert, um damit Wasser zu bilden. Ist uns einmal bekannt, in welchem Verhältniß irgendein Stoff sich mit einem zweiten verbindet, so kennen wir hierdurch zugleich das Verhältniß, in welchem er sich mit allen übrigen Stoffen verbindet. Der Fabrikation erwächst aus diesem Gesetz ein ungemeiner Vortheil.

Lassen wir die Contraste wirken. Stellen wir uns den reinen Praktiker vor, wie vor fünfzig Jahren alle es waren, vor fünfundzwanzig Jahren noch die meisten und selbst jetzt noch mehrfach

dergleichen angetroffen werden, und legen wir ihm etwa die folgenden Fragen vor: Hier ist ein Centner Kochsalz! Wir wollen denselben zur Fabrikation von Soda und Salzsäure verwenden. Wie viel Schwefelsäure ist hierzu erforderlich; wie viel Soda und Salzsäure muß erhalten werden? Ferner: Es ist ein Centner Schwefel gegeben; er soll zur Darstellung von Schwefelsäure dienen. Was beträgt das Gewicht des zu erwartenden Products?

Ein Beispiel aus der organischen Chemie: Es soll berechnet werden, welches sind die Mengen von Weingeist, Branntwein und Essigsäure, die einem Centner Kartoffeln, ebenso viel Stärke oder Zucker entsprechen?

Endlich kommt auch der Apotheker und übergibt seinem Laboranten zwanzig Einguldenstücke mit dem Auftrage, daraus Höllenstein, d. i. salpetersaures Silberoxyd, zu fertigen, und als genauer Mann will er doch das Gewicht des vom Gehülfen zu liefernden Präparats, sowie der in Verwendung kommenden Salpetersäure wissen.

Fragen genug! Suchen wir uns kurz zu fassen in den Antworten.

Vom Standpunkte der reinen Praxis, selbst der geschicktesten und erfahrensten, lassen sich vorstehende Fragen theils gar nicht, theils nur ganz unbestimmt beantworten.

Ein Praktiker sagt: Nach meinem Verfahren, welches gewiß das beste ist, denn es hat mich viel Geld gekostet, erhalte ich so und so viel und brauche dazu so und so viel, manchmal auch etwas mehr oder weniger, je nachdem ich kräftiges Salz oder fetten Schwefel, oder was dergleichen unklare Bezeichnungen mehr sind, anwende. Ein Zweiter ist vielleicht weniger zuversichtlich. Er gesteht ein, daß andere aus demselben Material mehr Product erzielen; allein er kann sich das nicht erklären. Er meint, daran müsse entweder das anderwärts bessere Wasser schuld sein oder es stecke sonst etwas dahinter u. s. w. Fragt man beide, ob sie es denn nicht für möglich halten, daß man das Doppelte oder Dreifache eines ihrer bisherigen Producte zu erzielen vermöge, so halten sie dies

zwar für unwahrscheinlich, allein sie können die Unmöglichkeit keineswegs behaupten.

Diese Unsicherheit, diese Unklarheit über die Grenzen der Fabrikation finden wir heutzutage sicher in keiner Soda- und Schwefelsäurefabrik mehr, wol aber noch in einer Reihe von Gewerben, die eine Verbindung von chemischen und mechanischen Operationen sind, wie namentlich in der Färberei, Seifensiederei, Brauerei, Branntwein- und Essigfabrikation u. s. w. Hier spielen auch die Recepte, die Geheimnisse und Charlatanerien noch eine bedeutende Rolle.

Vernehmen wir nun die bestimmten und zuverlässigen Antworten der chemischen Theorie, indem wir mit der Darstellung der Schwefelsäure beginnen.

Die Zusammensetzung der concentrirten Schwefelsäure von 1,85 specifischem Gewicht wird durch die Formel SO_3,HO ausgedrückt, d. h. dieselbe ist eine chemische Verbindung von:

1 Atom Schwefel	= 16	Gewichtstheilen.
3 Atomen Sauerstoff	= 24	„
1 Atom Wasser	= 9	„

Das Atomgewicht der Schwefelsäure ist daher = 49 Gewichtstheilen.

Wir haben somit nur folgende einfache Rechnungsaufgabe: Wenn in 49 Gewichtstheilen Schwefelsäure 16 Gewichtstheile Schwefel enthalten sind, wie viel beträgt die Menge der Schwefelsäure, in welcher 100 Pfund Schwefel enthalten sind?

$$\text{Folglich } \frac{100}{16} \times 49 = 306 \text{ Pfund.}$$

Die Theorie sagt uns also, daß auf einen jeden Centner Schwefel, der zur Fabrikation von Schwefelsäure verwendet wird, von der letztern 306 Pfund erhalten werden sollten.

Wird dieses Resultat nun auch wirklich in der Praxis erreicht? Vielleicht in keiner Fabrikation kommt man demselben so nahe wie bei der Schwefelsäurefabrikation, welche auf 100 Pfund Schwefel 288 Pfund Schwefelsäure liefert, mithin nur 18 Pfund weniger, als die theoretische Berechnung verlangt. Es ergibt sich hieraus,

daß 6 Pfund Schwefel in Verluſt gerathen. Dieſer Verluſt möchte manchem bedeutend erſcheinen. Allein wenn man bedenkt, daß in den Schwefelſäurefabriken auf den Centner Schwefel früher nur 140—186 Pfund Säure erhalten wurden, während jetzt aus derſelben Menge Schwefel 288, ja bis 298 Pfund Schwefelſäure gewonnen werden, ſo wird der Fortſchritt zur Erreichung der theoretiſch geſteckten Aufgabe unverkennbar in die Augen fallen.

Auf ähnliche Weiſe läßt ſich aus der durch die Analyſe bekannten Zuſammenſetzung der Schwefelſäure, des Kochſalzes, der Salzſäure und der Soda berechnen, wie viel der beiden letztgenannten Producte aus 100 Pfund Kochſalz gewonnen werden ſollten und wie viel Schwefelſäure hierzu erforderlich iſt. Es ergibt ſich alsdann, daß für die obige Menge von Kochſalz 84 Pfund Schwefelſäurehydrat angewendet werden müſſen und daß die entſprechenden Mengen der zu erhaltenden Salzſäure 155 Pfund und an calcinirter Soda 90 Pfund betragen.

Auch hier ſtimmt die Praxis mit der Berechnung nur annähernd überein, denn dieſelbe liefert von 100 Pfund Kochſalz nur 60=66 Pfund Soda. Es wird ferner in dem Zwiſchenproceß der Ueberführung des Glauberſalzes in Soda an Kohle und an Kalk beinahe das Doppelte deſſen erfordert, was nach der Berechnung hierzu erforderlich wäre. Aber dieſer Mangel an Uebereinſtimmung iſt keineswegs Folge eines Fehlers der Theorie, ſondern gerade der Unvollkommenheit der Praxis. Wir ſind nur in wenigen Fällen und meiſt nur bei Behandlung von kleinern Quantitäten der Stoffe im Stande, dieſelben ſo aufeinander einwirken zu laſſen, daß nicht ein Theil derſelben verloren wird, ohne an dem chemiſchen Proceß theilzunehmen. Bald iſt es die Hitze, die einen Theil unſerer Stoffe verflüchtigt, bevor noch die chemiſche Verbindung ſich bewerkſtelligt, oder ein Beſtandtheil der Miſchung, die in Wechſelwirkung treten ſoll, geräth in Schmelzung und verhindert dadurch die Berührung der übrigen, ſodaß nur unvollkommen durch Rühren und Umbrechen dieſe hergeſtellt werden kann. Oder es wird ein Theil eines brauchbaren löslichen Stoffes unbenutzt in einer unbrauchbaren unlöslichen Maſſe zurückgelaſſen, weil die Ausziehung deſſel-

ben kostspieliger ist als der Werth jenes Antheils, etwa so wie man darauf verzichtet, ganz schwache Salzquellen einzudampfen, weil das Brennmaterial mehr kosten würde als das daraus gewonnene Salz.

Zur Beantwortung der Frage aus der landwirthschaftlichen Chemie, in welcher der Werth von 100 Pfund Kartoffeln durch die daraus gewinnbaren Producte ausgedrückt werden soll, ist eine vorausgehende Untersuchung der Kartoffel selbst erforderlich, welche ergibt, daß im Durchschnitt in 100 Pfund Kartoffeln 21 Pfund lufttrockenen Stärkemehls enthalten sind. Durch die chemischen Processe und die Operationen der Gährung, der Destillation und der Essigbildung läßt sich aber die Stärke der Reihe nach in die folgenden Producte überführen, nämlich in Stärkezucker, Weingeist und Essigsäure. Denn 21 Pfund Kartoffelstärke entsprechen nach der Theorie 17 Pfund Stärkezucker, $8^{7}/_{10}$ Pfund wasserfreiem Alkohol, 10 Pfund Spiritus von 85 Procent, 22 Pfund Branntwein von 40 Procent, endlich 11 Pfund Essigsäure oder 200 Pfund gewöhnlichen Essigs, welcher $5^{1}/_{2}$ Procent Essigsäure enthält.

Auch hier erreicht die Praxis nicht das von der Theorie vorgesteckte Ziel; allein es ist für sie von unschätzbarem Werthe, daß sie dieses Ziel kennt, daß sie die Mittel, jenem Ziele sich zu nähern, ihrem Werthe nach zu schätzen im Stande ist. Wem der Aufschwung bekannt ist, welchen gerade dieser Zweig des landwirthschaftlichen Betriebs seit fünfundzwanzig Jahren genommen hat, wird sicherlich dem Einflusse der durch theoretische Einsicht geregelten, sogenannten rationellen Betriebsweise hiervon das Verdienst zusprechen.

Am meisten wird unter den gegebenen Beispielen der Laborant des Apothekers der theoretischen Aufgabe sich nähern. Dieselbe sagt ihm, daß in 20 Guldenstücken, die zusammen 212 Grammen wiegen, neun Zehntel dieses Gewichts, also 190,8 Gramme reinen Silbers enthalten sind, daß zur Verwandlung desselben in salpetersaures Silberoxyd 217 Gramme wässeriger Salpetersäure von 1,41 specifischem Gewicht erforderlich sind; und endlich daß

299 Gramme geschmolzenen Höllensteins als Product erhalten werden sollen.

So haben wir denn in mehrfachen Beispielen gezeigt, wie die Theorie die Standarte und der Compaß des rechten Praktikers ist und wie ein treues und beharrliches Folgen der durch dieselbe bezeichneten Richtung sich um so lohnender zeigt, je genauer sie eingehalten wird.

3. Eine chemische Fabrik.

Nach dem Vorausgegangenen dürfte es wol für den Leser von großem Interesse sein, einmal selbst auf den Schauplatz eingeführt zu werden, wo Theorie und Praxis ineinandergreifend vor seinen Augen die überraschendsten Metamorphosen der Materie bewerkstelligen, wo aus unscheinbaren, fast werthlosen Stoffen Reihen der nützlichsten Producte glänzend hervorgehen, wie der Phönix aus der Asche sich erhebt.

Gelegentlich einer Versammlung deutscher Naturforscher hatte sich eine Gesellschaft von Professoren der Chemie verschiedener Hochschulen zusammengefunden und war auf den Vorschlag eines einheimischen Collegen eingegangen, unter dessen Führung gemeinschaftlich einen Ausflug nach einer benachbarten chemischen Fabrik von bedeutendem Umfange zu unternehmen. So repräsentirte diese Gesellschaft die lebendigste Wissenschaft auf dem Wege zur thätigsten Praxis.

Eine Zeit lang war man bereits von der Landstraße ab in der Richtung nach der einsam gelegenen Fabrik gefahren, als ein eigenthümlicher Geruch nach verbrannten Haaren sich wahrnehmen ließ.

„Wir sind bald an unserm Ziele", sagte der Cicerone der Gesellschaft. Es währte auch in der That nicht lange, als ein hoch in die Lüfte ragendes Kamin, umgeben von mehrfachen Gruppen ringsum vertheilter Gebäulichkeiten, sichtbar wurde.

Zur Seite, inmitten einer baumreichen, parkähnlichen Anlage erhob sich stattlich das Directionsgebäude, ein ehemaliges landgräf-

liches Jagdschlößchen. Es stand ganz in Uebereinstimmung mit dessen herrschaftlichem Charakter, daß man alsbald eine Anzahl von Pferden erblickte, die, sich selbst überlassen, in gemüthlicher Ruhe und Freiheit einen ausgedehnten grünen Grund beweideten. Allein nicht gering war das Erstaunen der Gesellschaft, als sie, näher gekommen, wahrnahm, daß diese armen Thiere sämmtlich der Mähnen und Schweife entbehrten.

„Diese Pferde", erläuterte der Führer, „sind bereits frisirt. Es ist eine vorläufige Operation, welcher dieses Fabrikationsmaterial unterworfen wird. Denn von jener ganzen Heerde verläßt nicht ein einziges Atom diesen Ort in seiner jetzigen Form. Lasciate ogni speranza voi ch'entrate! Auf Hufen wandeln Haut, Muskel und Knochen herein, und in Gestalt von Phosphor, Leim, Salmiak, Blutlaugensalz und Berlinerblau wird diese Materie wieder ausgeführt!"

In der That ließ sich bald erkennen, daß die Heerde aus einer Gesellschaft auserlesener Rosinanten bestand, die keineswegs einer Wache zur Verhinderung des Durchgehens bedurfte und daß als deren Bestandtheil auch das Fett anzuführen nur in anatomischem Sinne gestattet war. Dieselbe genoß hier noch einer kurzen Freiheit und Muße, bis der unerbittliche chemische Proceß Stück für Stück in seine zersetzende und umsetzende Gewalt nahm.

„Auch hier lassen Sie uns noch im Vorübergehen ein eigenthümliches Rohmaterial der hiesigen Fabrikation in Augenschein nehmen", bemerkte der Führer, indem er vor einem großen schuppenartigen Gebäude Halt gebot.

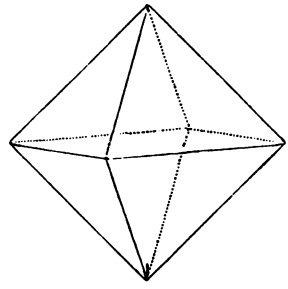
Welch sonderbarer Anblick! Eine Musterkarte vieler Tausende von Schuhen und Stiefeln der mannichfachsten Form und Größe, übereinstimmend nur in dem allgemein herrschenden Invalidenzustand. Da waren alle Stände in dem wörtlichsten Sinne vertreten, ohne Unterschied von Alter und Geschlecht. Neben den ungeschlachten Bachstiefeln des Fischers erblickte man die papierdünne Sohle der leichtbeschwingten Tänzerin der großen Oper, neben den plumpen Stulpen des schweren Kürassiers das lackirte Stiefelchen des Stutzers. Welch reichen Stoff zu sinnigen Betrachtungen bot dieses Antiken-

cabinet dem Culturhistoriker, selbst dem Politiker! Wie verschieden hiervon war die trockene Bemerkung des Chemikers, der beim Anblick dieses Lederwerks sogleich sich erinnerte, daß dessen stickstoffreiche Substanz das geeignetste Material zur Fabrikation des Berlinerblaus darbiete.

Die Gelehrten wurden jetzt von Director und Personal der Fabrik mit ehrerbietiger Höflichkeit empfangen und nach den verschiedenen Schauplätzen der einzelnen Operationen geleitet.

Begründet wurde ursprünglich die Fabrik auf das Zutagekommen eines benachbarten, mächtigen Lagers von Thonschiefer, der auch Alaunerz genannt wird und zur Darstellung des Alauns dient. Der Alaun ist ein aus Schwefelsäure, Thonerde und Kali bestehendes Salz, welches in der Färberei und Papierfabrikation in größter Menge verbraucht wird. Die Hauptbestandtheile jenes Thonschiefers sind Kohle und Thonerde, in welche Schwefeleisen in Gestalt von sehr feinen Körnchen eingesprengt ist. Zu Wällen von großer Ausdehnung, sogenannten Halden, gehäuft, wird der Thonschiefer einer möglichst langsamen und gleichförmigen Verbrennung unterworfen, wobei sich das Schwefeleisen durch Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft in schwefelsaures Eisenoxydul oder grünen Vitriol und Schwefelsäure umwandelt, welche letztere mit der Thonerde sich verbindet. Durch Krystallisation entfernt man den Vitriol, gewinnt auch gelegentlich durch Glühen eines niederfallenden basischen Eisensalzes jene rothe Farbe, die unter dem Namen von Englisch- oder Pariserroth im Handel erscheint. Die Concentrirung der Lauge geschieht in ungeheuern, gemauerten und oben überwölbten Behältern in einer Weise, welche dadurch interessant ist, daß die Flamme über den Spiegel der Flüssigkeit hinstreicht und so die Verdunstung veranlaßt, die sonst gewöhnlich durch unterhalb angebrachtes Feuer bewirkt wird. Indem man endlich der schwefelsauern Thonerde noch Kalisalze zusetzt, wird die Alaunbildung zu Stande gebracht und zuletzt in großen Fässern die Krystallisation desselben vollendet. Hierbei kleiden sich Boden und Wandung an denselben mit großen, oft mehrere Pfund schweren Krystallen aus, deren Form in vollkommenster Ausbildung ein regelmäßiges Octaeder (Fig. 40) ist

Fig. 40.



und von welchen wir am Anfange dieses Abschnitts eine Gruppe dargestellt erblicken. Nachdem die nicht krystallisirende Lauge entfernt und die leicht zusammengefügte Wand eines solchen Fasses hinweggenommen ist, erblickt man jetzt einen mächtigen schneeweißen Alauncylinder, dessen innere Höhlung aus den hervorragenden Spitzen der herrlichsten Krystallpyramiden besteht und ein lebhaftes Bild jener Zaubergrotten darbietet, deren Decke und Wände die dichterische Phantasie der Märchen mit funkelnden Edelsteinen zu überkleiden pflegt.

Minder groß und prachtvoll, allein von einer schönen blaugrünen Farbe, sind die Krystalle des Eisenvitriols, der bei diesem Verfahren in so ungeheurer Menge gewonnen wird, daß die Vorräthe desselben, zu ganzen Hügeln gehäuft, oft jahrelang liegend dem Verbrauch entgegenharren. Sie verlieren indessen rasch ihre schöne grüne Farbe, die sich an ihrer Oberfläche in eine schmuziggelbe verwandelt. Und dennoch ist der Einfluß der Mode so außerordentlich, daß, als in den dreißiger Jahren Laune und Geschmack sich vorzugsweise den violetten, grauen und Lila-Farben zuwendete, in kurzem der mehrjährig zurückgelegte Vorrath des zu jenen Farben erforderlichen Eisenvitriols aufgebraucht war. Da aber der Charakter der Mode eben die Unbeständigkeit ist, so mußte der Fabrikant auf ein nachhaltigeres Mittel sinnen, den Vitriol möglichst zu verwerthen, und indem er den Weg einschlug, denselben zur Gewinnung von Berlinerblau zu verwenden, wurde jene ganze Fabrikation mit hineingezogen, die wir oben berührten und als deren Material der ganze thierische Körper zu betrachten ist. Darin besteht eben ein Hauptvortheil jeder Fabrikation, daß sie sich eine gewisse Abrundung gibt, daß nichts unbenutzt abfällt, daß solche Productionen miteinander combinirt werden, die sich gegenseitig ergänzen.

Das Berlinerblau, dieses prachtvolle Blau unserer im Getreide

blühenden Cyanen (Kornblumen), beſteht aus Eiſen und einem eigenthümlichen Stoff, der Blauſtoff oder gewöhnlicher Cyan genannt wird und deſſen Beſtandtheile Kohlenſtoff und Stickſtoff ſind. Die chemiſche Vereinigung dieſer drei Elemente iſt alſo die Aufgabe des Berlinerblaufabrikanten. Man könnte nun erwarten, daß die Darſtellung dieſer Farbe keine beſondern Schwierigkeiten bieten würde; denn nichts iſt leichter, als die genannten drei einfachen Stoffe in beliebigen Verhältniſſen zuſammenzubringen. So z. B. könnte in jedem eiſernen Ofen, mit welchem wir unſere Stuben heizen, die Bedingung zur Bildung von Berlinerblau gegeben ſein, da hier Kohle, Eiſen und der Stickſtoff der durchziehenden Luft fortwährend in gegenſeitige Einwirkung zu treten vermögen. Allein es iſt gerade eine der beſondern Eigenthümlichkeiten der einfachen Stoffe, gegenſeitig ſo ungleiche Verwandtſchaftsgrade zu äußern, welche überdies unter veränderten Umſtänden die weſentlichſten Modificationen erleiden, daß eine Vorausbeſtimmung an ſich ganz unmöglich iſt. Da ſind wir ganz auf die Erfahrung gewieſen, der hier wie in jeder andern Naturwiſſenſchaft die erſten Elemente entnommen werden müſſen.

Nun zeigte die Erfahrung, daß Kohlenſtoff und Stickſtoff vorzugsweiſe dann leicht zu Cyan ſich verbinden, wenn ein Körper, der jene beiden Stoffe reichlich enthält, z. B. Leder, Haare, Horn oder eingetrocknetes Blut, mit einer ſtarken Baſis, beſonders mit Kali, längere Zeit geglüht wird. Geſchieht dies unter Zuſatz von etwas Eiſen, ſo entſteht eine Doppelverbindung von Cyankalium mit Cyaneiſen, welche als ein lösliches Salz in Geſtalt von ſchönen, großen, goldgelben Kryſtallen erhalten wird, das den Namen Blutlaugenſalz oder eiſenblauſaures Kali erhalten hat. Mit oxydhaltigem Eiſenvitriol verſetzt, gibt dieſes Salz das Berlinerblau, welches in mehreren Sorten von ungleicher Güte vorkommt, je nachdem daſſelbe unvermiſcht gelaſſen wird oder einen mehr oder weniger bedeutenden Zuſatz von aufgeſchlemmtem weißen Thon erhält.

Verfolgen wir nun das Schickſal der armen alten Roſſe, welche uns in der Umgebung jener chemiſchen Fabrik begegneten, ſo findet

dessen Erfüllung in ganz getrennt abliegenden Gebäulichkeiten statt. Nachdem dieselben Mähne und Schweif, wie bereits erwähnt, zur Verarbeitung als Roßhaare abgegeben haben, fällt eins nach dem andern dieser Thiere der chemischen Industrie als Opfer. Die Masse des getödteten Körpers wird in drei verschiedene Theile gesondert, um nach drei Richtungen hin vernutzt zu werden. Haut, Horn und Hufe wandern, wie bereits bemerkt wurde, nach dem Berlinerblauwerk; die Knochen dienen zur Leim- und Phosphorgewinnung und die Muskelsubstanz und sonstige Abfälle werden der Destillation unterworfen, als deren Hauptproduct das Ammoniak erhalten wird.

Phosphor, der Lichtträger, nach seiner jetzigen Anwendung besser der Lichtmacher genannt, war zu Anfang dieses Jahrhunderts noch eine kostbare Substanz; ihn an die Stelle des Schwefels zu versetzen, durch Phosphorhölzer die altherkömmlichen Schwefelhölzer zu verdrängen, erschien noch vorfünfundzwanzig Jahren als eine Chimäre. Gegenwärtig kauft man tausend Stück Phosphorzündhölzer für zwei Kreuzer.

Die Knochen sind in verschiedener Beziehung ein werthvolles, allmählich im Thierkörper angesammeltes Kapital zu nennen. Solange der Körper noch im Entstehen begriffen ist, sind an der Stelle der Knochen nur Knorpel vorhanden, die jedoch später verhärten, indem zwischen die weiche Knorpelsubstanz die aus phosphorsaurem Kalk bestehenden Knochenkörperchen sich einlegen und dadurch dem ganzen Gebilde die erforderliche Festigkeit verleihen. Daher einerseits die Wichtigkeit der Knochen in der Oekonomie als Düngmittel und anderseitig in der chemischen Fabrikation.

Die letztere verarbeitet die Knorpelsubstanz zu Leim und scheidet den Phosphor aus dem phosphorsauren Kalk. Zu diesem Ende werden die Knochen in geeigneten Behältern mit Salzsäure übergossen, welche das Kalksalz auflöst und den Knorpel zurückläßt, der dabei ganz die vorherige Gestalt des Knochens beibehält. Man glaubt Schenkelknochen, Wirbelbeine u. s. w. vor sich zu haben, in der That aber sind es nur Gallertmassen, welche deren Form besitzen. Dieselben werden von der Salzsäure durch Auswaschen gereinigt und zu Leim versotten.

Die von der Knochengallerte ablaufende ſaure Flüſſigkeit enthält den phosphorſauren Kalk, der den feſten Theil der Knochen bildete. Man verſetzt dieſe Flüſſigkeit mit dem ammoniakhaltigen Product der Deſtillation der übrigen thieriſchen Reſte, wodurch einerſeits Salmiak entſteht, den man einer weitern Reinigung unterwirft, während der phosphorſaure Kalk wieder in Form eines ſchlammigen Niederſchlags erhalten wird. Es gelingt, mittels Schwefelſäure den Kalk theilweiſe von der Phosphorſäure zu trennen, und es wird alsdann zur letzten Operation geſchritten, nämlich zur Abſcheidung des Phosphors vom Sauerſtoff. Zu dieſem Zwecke wird die phosphorſäurehaltige Flüſſigkeit mit Kohlenſäure vermengt, eingetrocknet, in irdene Retorten gefüllt, deren eine große Anzahl in Reihen zu beiden Seiten eines gemeinſchaftlichen ſogenannten Galeerenofens demſelben Feuer ausgeſetzt werden. In hoher Temperatur wirkt die Kohle zerſetzend auf die Phosphorſäure, indem ſie mit dem Sauerſtoff der letztern zu gasförmig entweichender Kohlenſäure ſich verbindet. Gleichzeitig entwickeln ſich jedoch auch die Dämpfe des nun iſolirten Phosphors, die ſich, an die Luft gelangend, augenblicklich entzünden würden, wenn nicht die Mündungen jener Retorten in geeigneten Vorrichtungen unter Waſſer getaucht wären. In dieſem verdichtet ſich der Phosphor zu Klumpen von braunrother Farbe und erhält nachmals eine nothwendige Reinigung, indem er unter heißem Waſſer geſchmolzen und durch poröſes Leder gedrückt wird. Man pflegt den Phosphor alsdann in dünne Stängelchen zu formen und in dieſer Geſtalt in den Handel zu bringen.

Die wandernde gelehrte Geſellſchaft ſchickte ſich jetzt zu ihrem letzten Gange an. Er galt derjenigen Abtheilung des geſammten Fabrikweſens, die zuerſt von allen ſchon in großer Entfernung ſich den Geruchsnerven der Reiſenden bemerklich gemacht hatte, nämlich den Anſtalten zur trockenen Deſtillation von Thierkörpern und thieriſchen Abfällen der mannichfachſten Art. Dieſelben befanden ſich weitab von den übrigen Gebäuden und waren überdies in Beziehung auf den herrſchenden Wind ſo angelegt, daß die unvermeidlich entweichenden übelriechenden Gasarten nur ſelten nach den

andern Werken sich verbreiteten. Hierher wanderten die abgelösten Muskeltheile der mehrerwähnten Pferde und was sonst von kleinern todten Thierkörpern aus der Umgebung sich bot. Ja, mehrmals fanden jene Tausende von Ratten, welche die in den Abzugskanälen von Paris angestellten Razzias lieferten, eine ähnliche Bestimmung. Große gußeiserne Kessel, durch gewölbte Deckel verschließbar, dienten zur Aufnahme aller dieser wenig annehmlichen Substanzen, auf welche sofort von außen die zersetzende Wirkung des Feuers begann, während durch oben angebrachte Röhren die entstehenden flüchtigen Producte nach geeigneten Verdichtungsapparaten geleitet wurden.

Die gemeine Erfahrung zeigt schon, daß thierische Stoffe, sich selbst überlassen, alsbald der unter dem Namen von Fäulniß oder Verwesung bekannten Zersetzung allmählich anheimfallen. Unter Mitwirkung des Sauerstoffs und der Feuchtigkeit der Atmosphäre entstehen nach und nach gasförmige Producte: der Körper verschwindet, seine in die Luft übergegangenen Bestandtheile werden unsichtbar über das Land verbreitet, um aufs neue durch den Vegetationsproceß der Pflanzen den Kreislauf der organischen Materie anzutreten. Nur die Knochenmasse, falls eine solche vorhanden, nimmt an diesem Zerfalle keinen Antheil: sie allein bleibt alsdann übrig als Grundriß des verschwundenen Gebäudes. Auch wir suchen solche Zersetzungsstätten der thierischen Materie möglichst aus unserm Bereich entfernt zu halten, denn wennschon ihre gasförmigen Producte unsichtbar in die Atmosphäre entweichen, so erheben sie sich doch keineswegs geruchlos. Man wende sich nicht allzu empört ab, wenn hier jenes heftigen, stechenden und die Augen reizenden Geruchs Erwähnung geschieht, den namentlich bei feuchter Witterung die Cloaken ausstoßen. Derselbe gehört einem Gase an, dem Ammoniak, das in Tausenden der elegantesten Smelling-bottles im pretiös reinlichen England von den Händen zarter Ladies so oft zur Nase geführt wird, das in verschiedener Verbindung zu den wirksamsten, die Haut- und Gefäßthätigkeit erregendsten Arzneimitteln gehört, das wegen seiner alkalischen und flüchtigen Beschaffenheit in zahllosen chemischen und technischen Producten eine ungemein wichtige Rolle spielt.

Kein Wunder also, wenn dieses Ammoniak Gegenstand einer großartigen Fabrikation geworden ist. Die thierische Materie wird zu dessen Erzeugung jedoch nicht der freiwilligen Zersetzung überlassen, welche die entstehenden Producte in die Atmosphäre zerstreut, sondern in den bereits beschriebenen Vorrichtungen erhitzt, eine Operation, die mit dem Namen der trockenen Destillation belegt wurde, da hier die Mitwirkung des bei der Fäulniß von außen hinzutretenden Wassers ausgeschlossen ist. Auch der Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffs ist in diesem Falle beseitigt, und es können daher die entstehenden Producte ihre Bestandtheile lediglich aus dem Thierkörper selbst entnehmen. Der Verlauf der trockenen Destillation ist deshalb sehr verschieden von dem der Verwesung. Im Anfange bilden sich brennbare Kohlenwasserstoffgase, die sogleich wieder unter den Kessel geleitet und zur Feuerung desselben benutzt werden. Dann treten flüchtige ölartige Verbindungen von durchdringendem Geruch auf in Begleitung von Schwefelwasserstoff, Kohlensäure und Ammoniak, welche in den mit Wasser versehenen Verdichtungsbehältern angesammelt werden. Endlich erscheint braunes und dickflüssiges, theerartiges Oel und Theer, während ein hauptsächlich aus Kohle bestehender Rückstand in dem Kessel angetroffen wird.

Von den ölartigen und theerähnlichen Flüssigkeiten, die hierbei entstehen, ist trotz ihres furchtbaren Geruchs und Geschmacks eine, wiewol sehr beschränkte, medicinische Anwendung gemacht worden. Sie sind mehr ein lästiges als werthvolles Product, das man als Brennmaterial zu verwenden sucht. Dagegen ist es die wässerige, ammoniakhaltige Flüssigkeit, die schon lange unter dem Namen Hirschhorngeist ein kräftiges, vielfach angewendetes Heilmittel abgibt, welche zur Darstellung des Salmiaks und des ammoniakhaltigen Alauns im großen Maßstabe ihre Anwendung findet.

Wollen wir nochmals einen Blick über die ganze in diesem Fabrikbetriebe bewirkte Metamorphose der Materie gewinnen, so geschieht dies in Form einer Gleichung, wo auf einer Seite das eingeführte Rohmaterial, auf der andern das ausgeführte chemische Product verzeichnet ist, wie folgt:

Zugeführtes Material:		Ausgeführte Producte:
a) Naturproducte: Thonschiefer, Thierkörper, Sauerstoff, Wasser; b) Kunstproducte: Pottasche, Schwefelsäure, Salzsäure.	=	Alaun, Eisenvitriol, Pariserroth, Blutlaugensalz, Berlinerblau, Leim, Phosphor, Salmiak, kohlensaures Ammoniak, Gips, flüchtiges Theeröl.

„Mit fremden Schätzen reich beladen", bestehend in auserlesenen oktaedrischen Krystallen von Alaun, Prachtexemplaren von Blutlaugensalz, Musterkarten von Berlinerblau und anderm mehr, die bestimmt waren, den spätern Vorlesungen zur Illustration und Belebung zu dienen, kehrten die Professoren nach dem Directorathause zurück, wo ein festliches Mahl die der Wissenschaft von seiten der Industrie bewiesene Huldigung würdig abschloß.

„Und fürchten Sie keinen Nachtheil", fragte ein Gast den Director, „indem Sie sachverständigen Männern Ihre ganze Geschäftseinrichtung auf diese Weise darlegen?"

„Bei Gelehrten nehmen wir keinen Anstand, dies zu thun", erwiderte der Director; „denn die Erfahrung hat gezeigt, daß uns hieraus noch niemals ein Nachtheil, wol aber ein mehrfacher Vortheil entstanden ist. Mitunter haben sich Bemerkungen, Ideen, Winke, welche Männer dieser Art nur gelegentlich bei der beschauenden Durchwanderung fallen ließen, in ihrer Verfolgung als wahre Goldkörner erwiesen. Die Berührung mit der Wissenschaft ist ein Segen für die Industrie!"

Der Bericht über die Industrieausstellung in Paris vom Jahre 1855 setzt uns in den Stand, nachträglich genaue Angaben mitzutheilen über den Umfang der Production der soeben beschriebenen Fabrik, welche sich zu Buchsweiler (bei Strasburg) im Elsaß befindet. Sie ist Eigenthum einer Gesellschaft, wird von Herrn Schattenmann geleitet und beschäftigt 500—600 Arbeiter. Dieselbe bringt jährlich in den Handel: Alaun: 30000 Ctr. (zu 50 Kilogr.); Eisenvitriol: 20000 Ctr.; Kupfervitriol: 2000 Ctr.; gelbes Blutlaugensalz: 8000 Ctr.; rothes Blutlaugensalz: 600 Ctr.; feinstes Berlinerblau: 200 Ctr.; Leim: 800 Ctr.; Phosphor: 200 Ctr.;

Beinschwarz: 8000 Ctr. Den Werth dieser sämmtlichen Producte berechnet man auf mehr als zwei Millionen Francs. (Rapport du Jury S. 475.)

4. Ein blaues Wunder.

Es mögen jetzt an die dreißig Jahre sein, daß ich auf der Rückreise aus der Schweiz zum ersten mal nach München kam. Ich war an einen alten Maler empfohlen, der lange in Rom sich aufgehalten und dort mehrfach dem kunstliebenden bairischen Kronprinzen sich dienstfertig und nützlich erwiesen hatte. Dafür zog ihn dann der königliche Bauherr später nach München, und mit warmer Begeisterung führte mich der Maler in alle vollendeten Kunstschöpfungen seines erhabenen Gönners ein — mit Feuer schilderte er die großartigen Unternehmungen, die im Entwurfe vorlagen und an welchen alle Kunstzweige in wetteifernder Verherrlichung sich betheiligen sollten.

„Betrachten Sie die edeln Gestalten dieser Cartons", rief er, „und stellen Sie sich vor, daß alles dies in der Hofkirche auf Goldgrund gemalt wird, auf echten puren Goldgrund, junger Mann — jeder Quadratfuß zu einem Dukaten! Wir wollten anfänglich mit Ultramarin grundiren — aber freilich, das geht denn doch nicht!"

„Ultramarin, was ist das?"

„Ultramarin", fuhr der Maler fort, „ist das schönste, das reinste, das kostbarste Blau, das wir haben; es ist, als ob man in den tiefblauen Himmel Italiens hineinblickt, von dem sich Gebirge und Wald, Ruine und Palast, Mensch und Thier, alle Formen und Farben gleich reizend und harmonisch ablösen."

„Und warum nimmt man denn nicht diesen herrlichen Ultramarin als Grund?" fragte ich weiter."

„Liebes Kind, das geht nicht — das ist viel zu theuer."

„Was", rief ich, „zu theuer? Da hätte ja der Ultramarin einen größern Werth als Gold!"

„Ja, so ist es", erwiderte der Maler. „Wir könnten eher

alle Dächer von ganz München vergolden, als die Wände einer einzigen Kirche mit Ultramarin grundiren, ich glaube, daß so viel in der Welt gar nicht aufzutreiben ist."

„Nun, da wäre ich doch begierig, einmal diese kostbare Farbe zu Gesicht zu bekommen."

„Das sollen Sie, und zwar echten Ultramarin sollen sie sehen, ganz echten, den ich schon vor zwanzig Jahren in Rom aus der besten Quelle gekauft habe. Kommen Sie nur nach Hause."

Als wir in der Wohnung des Künstlers angekommen waren, schloß er die Thüre eines kleinen Wandschrankes auf, dem man sogleich ansah, daß er nur zur Bewahrung besonders werthvoller Gegenstände diente. Der Druck einer Feder öffnete eine verborgene Schublade, aus welcher der Maler eine kleine Schachtel herausnahm. Dieselbe enthielt ein Päckchen in Papier, vielfach mit Faden umwunden. Mit feierlichem Ernst löste der Besitzer die Knoten und nach Entfernung mehrerer Hüllen trat er ans Fenster, breitete das letzte den kostbaren Schatz einschließende Papier auseinander, stellte die Farbe in das rechte Licht, mich selbst an den rechten Platz und kreuzte dann still und erwartungsvoll die Arme.

In der That, es war ein wundervolles Blau; tief, innig und doch feurig und heiter. Es erinnerte mich an das Blau der Gentianen, der acaulis und verna, die aus dem Grün der Alpen wie liebe Kinderaugen zu uns aufblicken.

Mit Befriedigung beobachtete der Maler den Eindruck, welchen seine Farbe auf mich hervorbrachte.

„Und wozu verwenden Sie diese schöne Farbe?" — fragte ich.

„Verwenden?" — rief der Maler überrascht — liebster Freund, eine solche Farbe verwendet man nicht — wenigstens zu nichts Unbedeutendem. Ich habe noch nichts gemalt, was eines solchen Opfers werth wäre; aber" — fügte er mit weicher Stimme hinzu — ich werde einmal ein Bild malen, ich verbessere schon seit lange die Skizze, dafür habe ich meinen echten Ultramarin aufgespart, dazu soll er verwendet werden. Aber damit Sie sehen, daß er wirklich echt ist, so will ich Ihnen die Probe machen, soviel es auch kostet."

Mit dem Zittern eines Geizhalses, der einen Groschen ausgeben muß, nahm er eine kleine Messerspitze voll der Farbe, brachte sie in ein Spitzgläschen, goß einige Tropfen Scheidewasser darüber und hielt mir das Glas unter die Nase.

„Pfui tausend", rief ich, „das riecht ja wie faule Eier!"

„Ganz recht", rief der Maler triumphirend, „das ist das Wahre. Unverwüstlich steht der Ultramarin in Licht, Luft und Feuchtigkeit, aber die Säuren kann er nicht vertragen; sie tödten ihn, seine Farbe erlischt und ein Leichengeruch verbreitet sich. Ja", fuhr er fort, indem er mit Sorgfalt die Farbe wieder einwickelte, „ja, mein junger Herr, Sie wollen Chemiker werden — erfinden Sie einen solchen Ultramarin und Sie sind ein Millionär!"

Chemiker bin ich geworden — aber kein Millionär! Die Fabrikation des Ultramarins aber brauchte ich nicht zu erfinden, denn dieses war zu derselben Zeit bereits geschehen, und die ersten Ausbeuter der Erfindung sind in der That Millionäre geworden.

Nicht leicht wird man in den Schatzkammern reicher Fürsten oder in den Ausstellungen großer Juweliere einen edeln Stein finden, der nicht schon den Alten bekannt gewesen wäre — ja, selbst in der künstlerischen Behandlung dieses kostbaren Materials sind uns die Meister und Muster bereits im Alterthume gegeben. Es gilt dieses ganz besonders von denjenigen Steinen, die nicht durch Glanz und starke Lichtbrechung sich hervorthun, sondern durch ihre schöne Färbung und Zeichnung. Diese wurden vorzüglich zu kleinen plastischen Kunstwerken von höchster Vollendung verarbeitet, und außer dem hellblauen Türkis, dem grünen Chrysopras, dem zweifarbigen Onyx, begegnen wir auch dem Lasurstein oder armenischen Stein. Die Alten nannten ihn Sapphirus, aber auch Cyanus, nach den blauen Kornblumen, denn ein schönes, lebendiges Blau, nicht zu hell und nicht zu dunkel, ist seine ausgezeichnetste Eigenschaft. Man hüte sich jedoch, dieses Mineral mit

der Kupferlasur zu verwechseln, deren kraftvolles Blau merklich dunkler ist.

Die Seltenheit des Vorkommens erhöht den Werth des Lasursteins, denn obwol er an verschiedenen Orten, in Italien, Sibirien, in der Bucharei, China, Tibet und Südamerika, aufgefunden wird, so trifft man ihn doch meist nur in kleinen Stücken und Körnern, stumpfeckig und rundlich, eingesprengt in anderm Gestein, vorzüglich vulkanischen Ursprungs. Auch die dem Lasurstein nahe verwandten Minerale, der Hauyn und der Nosin, die von minder brillanter Farbe sind und auch in Deutschland sich finden, treten besonders in Gesellschaft von Basalten und Laven auf und verrathen hierdurch, daß sie, gleich jenem, Kinder des Feuers sind.

Auch in den Arzneischatz ist der Lasurstein aufgenommen worden in jener Zeit, wo man von so vielen Dingen eine ihren glänzenden Eigenschaften und ihrer Kostbarkeit entsprechende auffallende Wirkung auf den Organismus erwartete, wo man den Patienten Perlen und Edelsteine verschlucken ließ, wo man die Pillen vergoldete und versilberte. Ich erinnere mich wohl, wie ich in einer alten Apotheke eine Büchse antraf, schwer angefüllt mit „Lapis lazuli", d. i. Lasurstein, und wie ich hocherfreut über den kostbaren Fund dieselbe öffnete und lebhaft blaugefärbte Schlacken mich enttäuschten.

Die kleinern Stücke und Abfälle des Lasursteins wurden schon frühzeitig zur Darstellung einer herrlichen Malerfarbe verwendet, deren wohltönender Name Ultramarin schon etwas, wenn auch nicht Ueberirdisches, doch Uebermeerisches, Außerordentliches anzukündigen bestimmt erscheint. Aber billig müssen wir uns wundern über das mühsame, umständliche Verfahren, welches befolgt worden ist, um aus dem harten Lasurstein das zarte Ultramarin herzustellen. Wir erkennen hierin abermals ein Beispiel, wie eine beharrliche Praxis für gewisse Zwecke endlich Mittel und Wege findet, die theoretisch kaum aufzufinden gewesen wären. Die Beschreibung dieses Verfahrens aus den ältern Werken, die wir nachfolgend mittheilen, ist in alle neuern Werke übergegangen, welche über den Ultramarin sich verbreiten.

Der von fremdartigen Theilen, insbesondere von eingesprengtem Schwefelkies, möglichst befreite Lasurstein wird schwach geglüht und in gewässertem Essig abgelöscht. Hierauf wird er fein gepulvert, durch Schlemmen werden die hellern leichten Theile entfernt, die schweren auf einer Porphyrplatte mit Weingeist höchst fein präparirt und mit einer Masse, die aus Terpentin, Harz und Mastix, welcher ein Zwölftel des Ganzen Weihrauch und ebenso viel Leinöl zugesetzt ist, gemengt und unter Wasser so lange geknetet, als sich dieses noch blau färbt. Der so erhaltene Ultramarin wird nach Einigen noch mit Kalilauge digerirt und ausgewaschen. Derselbe stellt nun ein höchst zartes Pulver dar, von feuriger, azurblauer Farbe, er ist geschmacklos und ändert sich bei gewöhnlicher Temperatur durch Einfluß des Lichts und der Luft nie; auch in gelinder Hitze wird seine Farbe nicht verändert, aber starke Glühhitze sowie Säuren zerstören dieselbe. Ein Pfund Lasurstein gibt ungefähr zwanzig Loth Ultramarin und da der Ankauf des rohen Materials kostbar ist, indem das Pfund auf 22—26 Gulden zu stehen kam, so muß es nach dieser mühsamen Bereitung nicht befremden, daß die Unze mit 40—50 Gulden bezahlt wurde.

Man sieht wol ein, welch hohen Werth eine Farbe haben mußte, die sich unempfindlich verhält gegen Licht und Luft, diese langsam und stetig wirkenden Zerstörer der bunten Farbenwelt. Und hierzu kam die hohe Schönheit dieses Blaus, welche auch jetzt noch die vollste Anerkennung findet, wie dies aus nachfolgendem Urtheile eines bedeutenden Ultramarinfabrikanten hervorgeht, das wir wörtlich mittheilen:

„Das aus dem Lasurstein gewonnene Ultramarin", sagt derselbe, „durch eine unendlich mühsame Procedur und geringe Ausbeute vertheuert, wurde gegen Gold aufgewogen, in welchem Preis es bis zur Stunde noch wenig gesunken ist. Das künstliche Ultramarin, obwol um vieles schöner als das natürliche, besitzt doch nicht die Weichheit und Klarheit in seinen hellen Tönen, die jenes sehr charakterisirt."

Es scheint, als ob das Zustandekommen der künstlichen Nachbildung dieser Farbe an die Erfüllung zweier Vorbedingungen ge-

knüpft gewesen wäre, die jedoch gemeinsam in den Fortschritten der chemischen Wissenschaft wurzeln. Die eine bestand in der durch die vervollkommnete analytische Methode erlangten genauern Kenntniß der Bestandtheile des Lasursteins — die andere aber darin, daß durch die vermehrte chemische Fabrikation größere technische Feuerprocesse von Männern geleitet wurden, welche Beobachtungsgabe mit chemischen Kenntnissen verbanden und dadurch im Stande waren, einigen dabei zufällig entstandenen Bildungen die richtige Deutung und erfolgreiche Anwendung zu geben.

Fassen wir die Geschichte der Ultramarinfabrikation kurz zusammen, so sagt sie uns in wenig Worten: Deutschland hat die Darstellung des künstlichen Ultramarins auf wissenschaftlichem Wege selbständig gefunden und steht jetzt in Menge und Güte seiner Production an der Spitze dieses Industriezweigs; in Frankreich wurde gleichzeitig und wahrscheinlich selbständig, durch zufällige Beobachtung angeregt, das künstliche Ultramarin erzeugt und insofern dem deutschen Verdienste vorangeeilt, als es dort sogleich zum Gegenstand einer gewinnreichen Fabrikation gemacht wurde.

Nachahmungen des Ultramarins oder vielmehr des Lasursteins sind schon früher versucht worden, allein sie bestanden in der Anfertigung blauer Glasflüsse, die beim Zerreiben ein blaßgefärbtes Pulver liefern und daher nur in Masse eine grobe Täuschung bewirken können. Ein derartiges Product war es, das in der erwähnten alten Apotheke sich vorfand. Im siebzehnten Jahrhundert hielt man einen Gehalt an Kupfer für die Ursache der blauen Farbe des Lasursteins. Markgraf bewies jedoch 1758, daß dies nicht der Fall sei; spätere Analysen von Klaproth, Gmelin, Vauquelin, Cl. Desormes und Varrentrapp stellten fest, daß Kieselerde, Thonerde, Natron und Schwefel die Hauptbestandtheile des Lasursteins sind, wozu noch kleine und wechselnde Mengen von Kalk, Eisen und Wasser hinzukommen, deren Vorhandensein sich jedoch als unwesentlich ergeben hat. Ueberraschen mußte es, daß in diesem Körper keine Spur von Kobalt und Kupfer sich vorfand, denen man sonst als den Blaufärbern des Mineralreichs so häufig begegnet. Da man nun aber gewöhnt ist, überall, wo lebendige Farben

an Mineralen sich zeigen, als färbenden Stoff ein schweres Metalloxyd zu finden, so lag es nahe, den kleinen Gehalt an Eisen, der im Ultramarin sich vorfand, als dessen blaufärbendes Princip anzusehen, eine Ansicht, die erst in der neuern Zeit vollständig beseitigt worden ist.

Chr. Gmelin, Professor in Tübingen, dem wir viele werthvolle Arbeiten über die Constitution der Minerale und Felsarten verdanken, begnügte sich nicht mit der analytischen Zerlegung des Ultramarins, sondern es gelang demselben im Jahre 1827 auch die synthetische Regeneration desselben. Zu verwundern ist nur, daß er mit dieser schönen und wichtigen Entdeckung erst dann recht hervortrat, als im Jahre 1828 in Frankreich für dieselbe Entdeckung von der Akademie ein Preis an Guimet ertheilt wurde. Der Grund lag vielleicht theilweise darin, daß Gmelin's künstliches Ultramarin zu wenig brillant, sein Verfahren dagegen zu umständlich gewesen sein soll, um große industrielle Vortheile zu versprechen.

Der praktische Entdeckungsweg beginnt mit der Beobachtung zufälliger Bildungen von ultramarin-ähnlichen Producten. Schon im Jahre 1787 machte Goethe bei seinem Aufenthalt in Palermo die Beobachtung, daß sich in den dortigen Kalköfen eine Art Glasfluß von hellblauer bis dunkelblauer Farbe bilde, der zu Schmuckarbeiten verwendet werde. Wenn es jetzt auch keinem Zweifel unterliegt, daß diese blaugefärbte Masse kein Ultramarin gewesen sein kann, da dieser eine Schmelzung nicht erträgt, ohne seine Farbe zu verlieren, so erfreut es uns doch, auch hier dem Namen Goethe's auf dem Gebiete der Beobachtung wieder zu begegnen.

Folgenreicher waren die Beobachtungen der chemisch gebildeten Techniker Tassaert und Kuhlmann in Frankreich, welche eine blaue Substanz theils in aus Sandstein gebauten Sodaöfen, theils in denjenigen Oefen vorfanden, die zum Glühen des Glaubersalzes dienen. Vauquelin, ein ausgezeichneter Analytiker, führte durch seine Untersuchungen den Beweis, daß diese blaugefärbten Producte in ihrer Zusammensetzung mit dem Lasurstein vollständig überein-

stimmten. Nun war der Anstoß gegeben; die Gesellschaft zu Beförderung der französischen Industrie gründete sofort einen Preis von 6000 Francs als Belohnung für den Entdecker eines praktischen Verfahrens zur Herstellung des künstlichen Ultramarins. Dies geschah im Jahre 1824; allein drei Jahre nacheinander wurde diese Preisaufgabe wiederholt gestellt, ohne gelöst zu werden, bis endlich im Jahre 1828 der Chemiker Guimet aus Toulouse der Akademie solche Proben eines von ihm gefertigten Ultramarins vorlegte, daß dieselbe ihm den Preis und die Ehre der Entdeckung zuerkannte.

Allein einen ungleich größern Gewinn wußte Guimet aus seiner Entdeckung zu ziehen, indem er sofort die Fabrikation dieses Products betrieb und sein „extrafeines Ultramarin" zu dem Preise von 140 Gulden das Pfund verkaufte, was immerhin noch 8—9 Gulden für die Unze ausmacht. Aber dieser hohe Preis fiel sehr rasch, denn bereits im Jahre 1830 betrug er nur noch die Hälfte und im folgenden Jahre sank er auf etwa acht Gulden fürs Pfund — ungefähr den hundertsten Theil vom Preise des echten Ultramarins. Nichtsdestoweniger erwarb sich Guimet, der frei von aller Concurrenz arbeitete, schnell ein Vermögen von Millionen. Jetzt aber begannen die Deutschen sich zu regen. Die älteste Ultramarinfabrik in Deutschland wurde im Jahre 1834 von Leverkus in Wermelskirchen bei Bonn errichtet; dann waren es die rastlosen Bemühungen der nürnberger Chemiker Engelhart, Leykauf und Heine, welche im Jahre 1838 zur Errichtung der berühmten Ultramarinfabrik in Nürnberg führten, welche schon in den ersten Jahren ihres Bestehens ihre Besitzer zu Millionären machte und heute noch als das hervorragendste derartige Geschäft Deutschlands unter der Firma Zeltner und Heine fortbesteht. Die zahlreichen und bedeutenden seitdem noch begründeten Fabriken werden wir noch anzuführen Gelegenheit haben und bemerken nur, daß die vermehrte Concurrenz den Preis des Ultramarins in Deutschland jetzt durchschnittlich auf einen Gulden fürs Pfund sich erniedrigt hat.

Was nun die Methode der Fabrikation des Ultramarins be-

trifft, ſo hat dieſelbe längſt aufgehört geheim zu ſein, ja es iſt charakteriſtiſch, daß wir gerade in letzter Zeit hierüber ſowol, als über die Zuſammenſetzung und Beurtheilung des Ultramarins von wiſſenſchaftlich gebildeten und anerkannt tüchtigen Fabrikanten ſelbſt die dankenswertheſten Mittheilungen erhalten haben. Dieſes ſchließt natürlich nicht aus, daß der Fabrikant immerhin gewiſſe Vortheile für ſich zurückbehält, die nur auf dem Wege der praktiſchen Erfahrung erreicht werden; es gibt Fabrikationen, in welchen man ohne dieſe alles *wiſſen* — aber nichts *machen* kann.

Als Rohmaterial zur Ultramarinbereitung werden benutzt: 1) ein weißer Porzellanthon, ſogenannter Kaolin, der in Deutſchland hinreichend verbreitet iſt. Ein geringer Eiſengehalt iſt demſelben nicht nachtheilig. 2) Waſſerfreies ſchwefelſaures Natron (Glauberſalz). 3) Waſſerfreies kohlenſaures Natron (calcinirte Soda). 4) Schwefel. 5) Kohle oder Kolophonium. In manchen Fällen, namentlich bei den Ultramarinen, welche zum Blauen der Papiere verwendet werden und daher alaunfeſt ſein müſſen, ſoll noch ein Zuſatz von gemahlenem Kieſel hinzukommen.

Eine vorläufige Arbeit von großer Wichtigkeit beſteht darin, dieſe Stoffe in möglichſt feine Pulver zu verwandeln, und namentlich iſt es der Thon, welcher durch Schlemmen, Glühen und nachheriges Mahlen die ſorgfältigſte Behandlung erfahren muß.

Die Gewichtsverhältniſſe, in welchen die genannten Beſtandtheile des Ultramarins verwendet werden, ſind durch die Praxis gefunden. Es iſt wahrſcheinlich, daß hierin in allen Fabriken Unterſchiede und Schwankungen beſtehen, die ſich jedoch, wie aus der Analyſe der fertigen Farbe hervorgeht, innerhalb gewiſſer Grenzen bewegen. Die weſentlichſten Unterſchiede in der Miſchung des Salzes findet man in dem gegenſeitigen Verhältniſſe von Soda, Glauberſalz und Schwefel. Da nämlich das Glauberſalz Schwefelſäure enthält, aus welchen beim Glühen der Maſſe mit Kohle Schwefel reducirt wird, ſo kann der Zuſatz des letztern vermindert oder ganz unterlaſſen werden, je nach der Menge des verwendeten Glauberſalzes. Dies berückſichtigend, ſind die Unterſchiede in den nachfol-

genden Zahlenverhältnissen für die Gemenge nicht so auffallend, als sie für den ersten Blick erscheinen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Porzellanthon	100	100	100	100	100
Glaubersalz	100	—	41	40	200
Soda	—	100	41	60	—
Kohle	17	12	17	22	—
Schwefel	—	60	13	48	30
Kolophonium	—	—	—	—	35

Nummer IV ist nach französischer Angabe; Nummer V, der Veröffentlichung eines Praktikers entnommen, ergibt allerdings auffallende Differenzen mit den vorhergehenden Verhältnissen.

Nächst der feinen Pulverisirung wird die höchst innige Mischung der zu verwendenden Substanzen als besonders wichtig angesehen. Das Gemenge wird dann in Thongefäße, die 20 bis 30 Pfund aufnehmen, eingetragen und darin etwas festgedrückt. Die Oeffnungen derselben werden bedeckt und mit Thon verstrichen. Die Form dieser Gefäße wird verschieden angegeben; Tiegel, Kapseln oder kugelförmige Gefäße werden benutzt. Somit wäre alles vorgerichtet zu der nächsten Hauptoperation, zum Brennen oder Glühen des Ultramarins.

Zu diesem Ende werden 150—200 Füllungen in den Brennofen, der in seiner Construction einem kleinern Porzellanofen ähnlich ist, neben- und aufeinander gesetzt, sehr langsam zum dunkeln Rothglühen erhitzt und zweimal 24 Stunden in dieser Temperatur unterhalten. Das Einhalten eines angemessenen Hitzegrads ist von der höchsten Wichtigkeit, indem hiervon der ganze Erfolg abhängt. War derselbe zu gering, so wird das Glaubersalz nicht reducirt und in Schwefelnatrium übergeführt, es bildet sich folglich kein Ultramarin — war er zu hoch, so wird das bereits gebildete Ultramarin wieder zerstört, indem die Masse schmilzt. Es ist unstreitig diese Operation, bei welcher die Erfahrung und der praktische Blick des Fabrikanten die wichtigste Rolle spielt.

Nachdem der Ofen erkaltet ist, werden die Gefäße herausgenommen und geöffnet. Ihr Inhalt besteht in einer zusammen-

geſinterten, leicht zerreiblichen Maſſe von grünlicher Farbe. Dies iſt jedoch nur dann der Fall, wenn die Luft durchaus keinen Zutritt erhalten hatte; konnte die Luft einwirken, ſei es durch die Poroſität der Gefäße oder durch unvollkommenen Verſchluß derſelben, ſo findet man eine Maſſe von blauer Farbe. Ja es kommt vor, daß die Gefäße eines und deſſelben Brandes je nach ihrem Standorte einen blau- oder grüngefärbten Inhalt zeigen, und ſelbſt die Maſſe eines Tiegels zeigt nicht ſelten alle Uebergänge aus blau in grün von ſeinem Rande bis zur Mitte.

Die gebrannte Maſſe wird fein gemahlen und mit Waſſer ausgewaſchen, das ihr lösliche Stoffe entzieht. Nach dem Trocknen erhält man ein zartes Pulver von mattgrüner Farbe, das ſogenannte grüne Ultramarin. Obgleich daſſelbe nicht brillant iſt, ſo iſt es doch in den Handel und Verbrauch übergegangen, da es für manche Zwecke dienlich iſt, namentlich wegen ſeiner vollſtändigen Unſchädlichkeit. Vielleicht gelingt es der fortgeſetzten Vervollkommnung dieſer Fabrikation, ein lebhaftes grünes Ultramarin zu erzeugen, das ſicher eine große Zukunft vor ſich hätte. Die mehrfachen Nuancen, die ſich im Handel unter dem Namen von grünem Ultramarin finden, ſind theilweiſe durch Zuſatz anderer Farben gehoben.

Für den Ultramarinfabrikanten iſt das grüne Ultramarin nur ein Zwiſchenproduct, welches durch weitere Behandlung in blaues Ultramarin umgewandelt wird. Dieſes geſchieht, indem das grüne Pulver bei ſchwacher dunkel Rothglühhitze geröſtet, d. i. dem Einfluſſe der Luft ausgeſetzt wird, entweder auf flachüberwölbten Herden, ähnlich den Backöfen oder den Sodaöfen, in dünne Schichten ausgebreitet, oder in Cylindern von Eiſen, die mit einem Luftloche und einer drehbaren Flügelwelle verſehen ſind, um die Maſſe in Bewegung zu ſetzen, ſodaß alle Theile derſelben an die Luft gelangen. Bei dieſer Operation wird in den meiſten Fabriken nochmals ein Zuſatz von Schwefel gegeben, von ſechs bis neun Pfund auf 100 Pfund Maſſe. Sobald letztere rothglühend iſt, trägt man einen Theil des Schwefels ein, der ſich entzündet, und dieſes ſogenannte Abbrennen wird je nach Umſtänden mehrmals wieder-

holt, bis die gewünschte blaue Farbenstufe erreicht worden ist. Es nimmt hierdurch die Masse an Gewicht etwas zu, allein bei dem nachfolgenden Auswaschen verliert sie im ganzen mehr an Gewicht, als jene Zunahme betragen hatte.

Auf dieses Auswaschen muß die äußerste Sorgfalt verwendet werden, damit durchaus weder unterschwefligsaures Natron, noch Schwefelnatrium in dem Ultramarin zurückbleiben, da die kleinsten Spuren derselben hinreichen, der Farbe sehr fühlbare Fehler in jeder Hinsicht mitzutheilen. Diese äußern sich in einem unangenehmen Geruch der Farbe nach Schwefelwasserstoff, wenn sie einige Zeit in verschlossenen Gefäßen aufbewahrt wurde; am nachtheiligsten aber darin, daß sie in Berührung mit Metallfarben, z. B. Bleiweiß, diesen eine grauliche oder schmuzige Farbe ertheilen, indem zugleich das Ultramarin selbst von seiner Reinheit verliert. Wie ungemein schwierig es ist, eine vollkommene Auswaschung zu erreichen, scheint daraus hervorzugehen, daß unter den zahlreichen Proben, die zu der pariser Ausstellung gekommen waren, nur drei Ultramarine sich in dieser Beziehung ganz fehlerfrei erwiesen haben. Die Mängel des unvollkommen gewaschenen Ultramarins treten besonders beim Zeugdruck auf Metallbeizen hervor, sodann beim Anreiben desselben mit gekochtem Leinöl (Seccatif) für sich und mit Metallfarben.

Noch ist unser Product nicht ganz fertig, denn dem Auswaschen und Trocknen folgt ein nochmaliges Zerreiben oder Mahlen des Ultramarins und es wird versichert, daß auch hierin des Guten nicht leicht zu viel gethan werden könne, da Farbenkraft und Farbenkörper mit der weitergehenden feinen Zertheilung stets zunehmen.

Die Waare ist nun fertig, um in den Handel gebracht zu werden, und wir können jetzt die Fragen über den Preis, die Güte und den Verbrauch des Fabrikats aufwerfen. Vorläufig wollen wir hierbei diejenigen hellern und wohlfeilern Sorten des Ultramarins ausschließen, die einfach durch Mischung desselben mit weißem Thon, sogenanntem Lenzin, dargestellt werden, ein Geschäft, das der eigentliche Ultramarinfabrikant gern dem Consumenten überlassen würde. Es ist überhaupt Styl, alle ins Große

gehenden Industrien nicht zu verwirren durch unnöthige Vervielfältigung der Sorten und Namen — eine Ausbeutung, die dem Kleinhandel zu überlassen ist.

Was den Preis für eigentliches Ultramarin betrifft, so geht derselbe für die bessern Sorten in Deutschland von zwei Drittel bis einen Gulden fürs Zollpfund; in Frankreich etwa auf anderthalb Gulden für dasselbe Gewicht. Vergleicht man hiermit die Preise, welche wir früher für das echte Ultramarin angeführt haben, sowie diejenigen, die Guimet in den ersten Jahren seiner alleinigen Ausbeutung machte, so finden wir, daß das Ultramarin jetzt eine der wohlfeilsten aller Farben geworden ist. In gewissem Grade fand der Fabrikant mit dem Herabgehen des Preises seinen Vortheil verknüpft, indem hierdurch der Verbrauch in ungeheuerm Grade zunahm. Andererseits hat das Herabdrücken der Preise auch seine Nachtheile für Producenten und Consumenten, und wir finden die Bemerkung Büchner's, eines ausgezeichneten Ultramarinfabrikanten, sehr bezeichnend, wenn er sagt:

„Ist der Preis aber in eine den Productionskosten fast gleiche Linie gekommen, dann drückt dies die möglichen Verbesserungen in der Fabrikation und erschwert den Verbrauch durch minder gute Waare."

Zur Bestätigung dessen wollen wir nur an zwei allbekannte Artikel erinnern, an die Seife und die Zündhölzer, die sich mit zunehmender Billigkeit stets verschlechterten. Die Anlage einer Ultramarinfabrik ist daher heutzutage eine schwierigere Unternehmung geworden, als dies noch vor wenig Jahren der Fall war, und alle Elemente des Betriebs, wie Brennmaterial, Wasserkraft, Arbeitslöhne, Preis und Transportkosten des Rohmaterials und des Fabrikats, bedürfen der sorgfältigsten Erwägung. Während früher die Fabrikation sehr geeignet und lohnend war, im Kleinen anfangend und allmählich sich ausdehnend, ist jetzt nur bei schwunghaftem und ins Große gehendem Betrieb, der sogleich ein bedeutendes Kapital in Anspruch nimmt, ein Vortheil zu erwarten, gegenüber den zahlreichen bereits bestehenden Fabriken.

Bei Besprechung des Preises ist jedoch die Güte des Ultra-

marins ein Gegenstand von äußerster Wichtigkeit für den Consumenten und ein näheres Eingehen auf deren Beurtheilung um so nothwendiger, als es wenig Artikel gibt, die so leicht durch brillantes Aeußere so große Täuschungen über ihren wahren Werth hervorzurufen vermögen als diese Farbe. Wir folgen hierin den Mittheilungen des Herrn Büchner, die um so schätzbarer sind, da derselbe selbst Fabrikant ist.

Das reine Ultramarin ist ein höchst zartes Pulver von blauer Farbe. Im Farbenton zeigen sich kleine Abstufungen, sodaß man rein blaues, röthlich blaues und grünlich blaues Ultramarin unterscheidet und je nach Geschmack oder bestimmtem Zweck das eine dem andern vorzieht. Im specifischen Gewichte der Ultramarine zeigen sich auffallend große Unterschiede; je geringer dasselbe ist, um so vortheilhafter für die Waare.

In chemischer Beziehung ist das Ultramarin weder sauer noch basisch, sondern indifferent; es ist ganz unauflöslich in Wasser, Weingeist, Aether, Oelen und Firnissen; es widersteht den Alkalien, dem Lichte, der Luft, der Feuchtigkeit, sowie den verschiedenen Ausdünstungen bewohnter Räume. Dagegen wird es von stärkern Säuren und Alaun unter Umwandelung in einen weißen Körper und Entwickelung von Schwefelwasserstoff zersetzt. Es erträgt eine beträchtliche Erhitzung ohne Farbenveränderung, allein in der Glühhitze schmilzt es und verliert seine Farbe.

Das Ultramarin ist giftfrei und durchaus unschädlich für den Organismus. Mit gelben Farben gemengt bilden nur die zu diesem Zwecke erzeugten Ultramarine brauchbare grüne Farben.

Auf vorstehende Eigenschaften gründen sich nun eine Menge von Anwendungen desselben, als: zum Leinanstrich, zum Oel- und Firnißanstrich, zur Malerei, zum Bläuen weißer Waaren, besonders der Papiere, zur Buntpapier- und Tapetenfabrikation, zum Kattun-, Wolle- und Jaconnetdruck, zum lithographischen Druck, zu Siegellack und Oblaten u. a. m.

Aus dieser vielfältigen Anwendung läßt sich ein Schluß ziehen auf den außerordentlich großen und stets noch steigenden Verbrauch dieser Farbe, und während man den jährlichen Bedarf für Frank-

reich auf etwa 50000 Centner anſchlägt, wird behauptet, daß in Deutſchland allein die Conſumtion auf 200000 Centner ſich ſteigern laſſe. Das Kobaltblau, die ſogenannte Smalte, iſt durch das Ultramarin faſt gänzlich verdrängt worden. Denn erſteres iſt ein durch Kobaltoxyd blau gefärbter und fein gemahlener Glasfluß, der mit Bindemitteln ſich nicht gut vereinigt, in Flüſſigkeiten ſich nicht leicht ſchwimmend erhalten läßt und nie ganz ſeine glaſige Natur verleugnet, was beim Bläuen der Papiere und Zeuge ſich nachtheilig erweiſt. Auch das Berlinerblau, das empfindlich iſt gegen Licht und Alkalien nicht verträgt, iſt in vielen ſeiner Anwendungen durch das Ultramarin erſetzt worden.

Die Ultramarine, welche jedoch in der Papierfabrikation verwendet werden, ſind das Product einer beſondern Methode; ſie unterſcheiden ſich von den gewöhnlichen ſchon äußerlich durch einen violetten oder roſigen Ton, im weſentlichen aber dadurch, daß ſie längere Zeit in Berührung mit Alaun, durch dieſen keine Zerſetzung erleiden.

Der Conſument wird daher, je nach ſeinem Zweck, das Ultramarin auf verſchiedene Eigenſchaften zu prüfen haben.

Der Farbenreichthum oder die Farbenkraft läßt ſich durchaus nicht durch Anſehen des Ultramarins an ſich richtig beurtheilen. Zur Probe werden gleiche Gewichte verſchiedener Sorten mit gleichen Mengen gemahlenem weißen Thon (Lenzin) innig vermengt und dann die Farbenſtärke verglichen. Am beſten geſchieht dies, indem man eine Probe theilweiſe auf die andere legt und beide mit einer Meſſerklinge ſanft plattdrückt. Es iſt erſtaunlich, welche Unterſchiede ſich hierbei herausſtellen und es iſt Thatſache, daß zwei Sorten Ultramarin, die gleiches Anſehen haben, allein durch den Unterſchied ihrer Farbenkraft eine Werthdifferenz von 100 bis 200 Procent ergeben.

Die Alaunfeſtigkeit, d. h. die Fähigkeit des Ultramarins, möglichſt lange dem zerſetzenden Einfluß einer kalten Alaunlöſung zu widerſtehen, wird aus der Zeit beurtheilt, welche hinreicht, um gleiche Mengen der Proben, die mit gleich ſtarker Alaunlöſung ver

mischt sind, zu entfärben, wobei man Unterschiede von Minuten, Stunden und Tagen erhält.

Die Körperfeinheit, zugleich als Druckfähigkeit zu bezeichnen, da von ihr die Anwendbarkeit zum Zeug- und Steindruck bedingt ist, ergibt sich durch Untersuchung mit der Lupe und mit dem Mikroskop, durch Einreiben auf glattem Papier und auf gut polirtem Messing, das dadurch keine Kritze erhalten darf.

Nachdem wir das Ultramarin nach seiner geschichtlichen und praktischen Seite verfolgt haben, bleibt uns noch die Betrachtung seiner chemischen Zusammensetzung und Constitution übrig, welche neuerdings Gegenstand mehrfacher und sorgfältiger Untersuchung geworden sind.

Wir lassen vorausgehen, die Analyse des Lasursteins und des aus ihm gewonnenen natürlichen Ultramarins.

	Lasurstein	Ultramarin aus Lasurstein	
	Analysirt von: Gmelin;	von: Cl. Desormes,	von Varrentrapp.
Kieselerde	49,0	35,8	45,5
Thonerde	11,0	34,8	31,67
Natron	8,0	23,2	9,09
Schwefel	Spur	3,1	0,95
Schwefelsäure	2,0	—	5,89
Kalkerde	16,0	3,1	3,52
Talkerde	2,0	—	—
Eisenoxydul	4,0	—	0,86
Chlor	—	—	0,42
Wasser	Spur	—	0,12
	92,0	100,0	98,02

Aus keiner dieser Zahlen läßt sich eine chemische Formel ableiten, welche für die Zusammensetzung des Lasursteins oder des natürlichen Ultramarins einen festen Anhaltepunkt abgäbe. Es läßt sich aus denselben nur erkennen, daß Kieselerde, Thonerde und Natron der Menge nach die Hauptbestandtheile sind, wozu noch eine gewisse Menge von Schwefel oder Schwefelsäure kommt, sowie

ein bemerkenswerther Gehalt an Kalkerde, der in den künſtlichen Ultramarinen nicht angetroffen wird und daher ebenſo als die übrigen in kleinen Mengen angetroffenen Stoffe, wie Eiſen, Talkerde, Chlor und Waſſer als unweſentliche Beimengung anzuſehen iſt.

Von künſtlichen Ultramarinen beſitzen wir jetzt eine Reihe von Analyſen, von welchen jedoch nicht alle mit gleicher Rückſicht auf die chemiſche Conſtitution derſelben ausgeführt worden ſind, was ſich aus der Art und Weiſe erkennen läßt, wie die Beſtandtheile bei der Aufſtellung des analyliſchen Reſultats angeführt ſind. Wir beſchränken uns darauf, nur die Analyſen von Breunlin und Wilkens mitzutheilen, welche uns mit gleicher Umſicht ausgeführt erſcheinen und in der That eine unverkennbare Uebereinſtimmung in den Reſultaten ergeben. Wir bemerken noch, daß Herr Wilkens ſelbſt einer Ultramarinfabrik vorſteht.

Analyſen von	Breunlin:					von Wilkens:				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Kieſelerde . .	37,4	40,9	38,4	36,3	36,5	36,7	31,1	36,1	36,3	35,7
Thonerde . . .	29,9	24,1	28,4	25,8	25,0	23,9	20,8	23,1	24,8	23,7
Natron . . .	14,8	16,2	19,2	20,9	17,1	18,1	17,0	18,6	20,2	19,5
Natrium . . .	2,8	3,1	1,9	2,1	3,1	—	—	—	—	—
Schwefel . . .	8,0	10,7	6,2	6,2	10,8	12,0	10,5	11,9	11,4	12,7
Schwefelſäure . .	2,3	1,3	3,0	2,6	1,9	1,4	1,3	1,5	1,0	2,2
Eiſenoxyd . . .	1,3	0,5	0,6	3,0	0,9	1,0	1,2	0,7	0,9	0,9
Kalk	0,4	0,8	0,6	1,1	1,0	1,1	0,7	0,3	0,5	0,3
Thon (Rückſtand) .	2,8	1,4	2,0	2,3	2,7	4,7	17,5	6,1	3,8	2,8
	101,1	99,2	100,6	101,7	99,8	99,4	100,4	98,7	99,1	98,2

Beide Chemiker ſprechen als Ergebniß ihrer Unterſuchung die Ueberzeugung aus, daß nur die erſtgenannten Stoffe, nämlich Kieſelerde, Thonerde, Natron und Schwefel weſentliche Beſtandtheile des Ultramarins, daß die nachfolgenden Stoffe als zufällige zu betrachten ſind und keinerlei Einfluß auf deſſen Farbe haben. Namentlich erſcheint jetzt als feſtgeſtellt, daß die Anweſenheit von Eiſen, das man in Verbindung mit Schwefel lange Zeit als das färbende Princip des Ultramarins anſah, in dieſer Hinſicht ohne allen Einfluß

ist. Man ist ferner einverstanden, daß im Ultramarin ein Doppelsilicat von Thonerde und Natron verbunden ist mit Schwefelnatrium und daß diese letztere Verbindung als farbegebender Bestandtheil hinzutritt. Allein indem der erste Chemiker allen Schwefel mit Natrium zu fünffach Schwefelnatrium verbunden annimmt, ist der zweite der Ansicht, daß in dem Ultramarin nur einfach Schwefelnatrium, zugleich mit unterschwefligsaurem Natron enthalten sei. Beide entwickeln demgemäß nachfolgende verschiedene Formeln für die Constitution des Ultramarins. Nach Breunlin ist die Formel des blauen Ultramarins:

$= 2\ ([(2\ NaO)\ SiO_3] + 2\ [Al_2O_3, SiO_3]) + 1\ NaS_5.$

Das in dieser Formel enthaltene Silicat entspricht in seiner Zusammensetzung einem natürlich vorkommenden Minerale, nämlich dem Nephelin. Aus entsprechenden Analysen des grünen Ultramarins leitet derselbe für dieses die Formel ab:

$= 1([(2\ NaO)\ SiO_3] + 2\ [Al_2O_3, SiO_3]) + 1\ NaS_2.$

Hiernach erscheint letzteres als eine Verbindung von Nephelin mit einer niedern Schwefelungsstufe des Natriums, die beim Abbrennen mit Schwefel in das höhere Schwefelnatrium übergeht und dadurch die blaue Farbe annimmt.

Nach Wilkens hat dagegen das blaue Ultramarin die folgende Constitution:

$2\ (Al_2O_3, SiO_3) + Al_2O_3, 3\ SiO_3 + NaO, SO_2 + 3NaS.$

Derselbe stützt seine Ansicht für die Anwesenheit des unterschwefligsauren Natrons hauptsächlich darauf, daß beim Abbrennen mit Schwefel ohne Zutritt der Luft keine blaue Farbe entstehe, daß also ihr Sauerstoff nothwendig zur Bildung von Unterschwefelsäure sei, welche bei der angewendeten Temperatur keineswegs zersetzt werde.

Nachfolgend erscheint nun die wahre Zusammensetzung des Ultramarins, welche diese Chemiker mit Beseitigung der unwesentlichen Bestandtheile in Procenten berechnet haben. Unter Nr. 6 ist die der theoretischen Ansicht eines jeden entsprechende Zusammensetzung angeführt, die, wie man sieht, hinreichend mit den Resultaten der Analyse harmonirt.

Analyse von:	Breunlin				Theorie		Wilkens				Theorie	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Kieselerde . . .	39,6	42,9	40,8	39,2	39,3	38,5	40,2	39,3	40,1	39,1	38,9	38,7
Thonerde . . .	31,8	25,4	30,1	27,9	26,9	29,1	26,6	26,4	25,8	26,7	25,8	26,2
Natron	15,8	17,1	20,4	22,6	18,5	17,6	19,8	21,5	20,6	21,8	21,2	21,2
Natrium . . .	3,0	3,8	2,0	2,2	3,4	3,2	—	—	—	—	—	—
Schwefel . . .	9,6	11,1	6,6	7,7	11,6	11,3	13,8	12,6	13,2	12,3	13,9	13,2
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Es kann hier die Frage entstehen: Wozu denn diese Analysen, Formeln und chemischen Streitigkeiten? Es genügt ja vollkommen, wenn wir ein schönes Blau haben und dasselbe vortheilhaft verkaufen.

Allein diese theoretischen Betrachtungen und Erörterungen haben eine große Bedeutung für die Praxis. Eine chemische Fabrikation ist so lange als unvollkommen und in empirischer Weise betrieben anzusehen, als sie sich im Unklaren befindet über die chemische Constitution ihrer Producte, es wird in diesem Falle mehr probirt und hin- und hergetappt, als nach leitenden Principien gehandelt, die erst aus der Gewißheit der chemischen Zusammensetzung sich ergeben. Gerade weil in dieser Beziehung eine definitive Entscheidung noch nicht als begründet anzusehen ist, glauben wir, daß diese interessante Fabrikation noch wesentlicher Modificationen fähig ist. In der That hat dieselbe von den ersten Versuchen Gmelin's an, der mit chemisch reinen Substanzen arbeitete, bis zur Verdrängung der Soda durch Glaubersalz schon bedeutende Aenderungen erlitten. Erst wenn man einmal weiß, was im Ultramarin gebunden bleiben soll, wird man im Stande sein, solche Combinationen des Materials zu treffen, daß Verluste desselben als Auswaschungen und Verflüchtigungen in die engsten Grenzen beschränkt werden.

Zum Schlusse dieser Abhandlung über eine Farbe, welche geeignet ist, durch ihre Geschichte und universelle Verwendung ebenso die Theilnahme des Chemikers als des gesammten Publikums zu erregen, wollen wir dieselbe noch auf die letzten Ausstellungen der Industrie verfolgen, wo sie zum ersten mal in die große Welt des Verkehrs eingetreten ist.

Auf den Ausstellungen in den Krystallpalästen von London 1851, München 1854 und Paris 1855 war die Ultramarinfabrikation glänzend vertreten. Wenn auch Guimet, als dem ersten industriellen Urheber des Ultramarins, in London und Paris der erste Preis ertheilt wurde, so erkennt doch der Ausspruch der pariser Jury ausdrücklich die gleiche Verdienstlichkeit der Entdeckung von Gmelin an.

Im übrigen erscheint auf allen Ausstellungen die deutsche Ultramarinfabrikation hervorragend, durch die Zahl ihrer Aussteller, durch Güte und Mannichfaltigkeit ihrer Producte, namentlich aber auch durch die Größe der von ihr erzeugten Quantitäten. Frankreich allein tritt neben derselben als Concurrent von Bedeutung auf; es ist jedoch gewiß ehrenvoll für erstere, wenn in dem Bericht der Pariser Jury wörtlich gesagt wird: „Eine große Anzahl von Fabriken entstand seitdem, sowol in Deutschland als auch in Frankreich, allein man muß zugeben, daß die jetzt in Frankreich übliche Methode den deutschen Fabriken entlehnt worden ist.“ Und weiter heißt es: „Wir glauben der Production nützlich zu werden, indem wir im allgemeinen das in gut eingerichteten Fabriken übliche Verfahren bekannt machen. Dasselbe ist deutschen Ursprungs.“ Es muß überdies hinzugefügt werden, daß in Frankreich diese Fabrikation sich ungemeiner Begünstigung erfreut; der Schutzzoll für das nach Frankreich eingeführte Ultramarin beträgt 116 Fl. für den Centner, während der Eingangszoll nach Deutschland nur 5 Fl. auf den Centner ausmacht.

Auf der Ausstellung in München waren natürlich nur deutsche Aussteller. Baiern hat übrigens seine besondere Ursache der Fabrikation dieser blauen Farbe dankbar zu sein und sie auszuzeichnen, denn erst seit Erfindung und Ausbreitung des künstlichen Ultramarins ist dieses Land im Stande die Grenzen seines Umfangs auf eine ebenso freundliche als dauerhafte Weise in der blau-weißen Landesfarbe abzustecken. Auffallend erscheint es, daß gerade die bedeutendste aller deutschen Ultramarinfabriken, die von Heine-Leykauf in Nürnberg es verschmähte, an irgendeiner dieser Ausstellungen sich zu betheiligen.

Der Ultramarinfabrikation wurde auf der pariser Ausstellung eine ganz besondere Aufmerksamkeit gewidmet. In der That waren dort nicht weniger als vierunddreißig Ultramarinfabriken durch ihre Producte vertreten. Die preisrichterliche Jury zeichnete davon jedoch nur die sechzehn besten durch eine genauere Prüfung aus und unter diesen zählte man zehn Fabriken aus Deutschland, fünf aus Frankreich und eine einzige aus Belgien.

Diese bessern Ultramarine wurden einer vergleichenden Prüfung unterworfen nach den Haupteigenschaften, erstens Farbenkraft und Farbenreichthum, zweitens Feinheit der Farbe, drittens Widerstandsfähigkeit gegen Alaun, und es ist interessant zu sehen, wie die verschiedenen Fabriken in der hieraus hervorgegangenen Aufstellung für diese einzelnen Rubriken ihren Rang wechseln.

Wir lassen nun die auf den großen Ausstellungen dieses Decenniums ertheilten Preise folgen: I. Große Medaille, London 1851: Guimet (Frankreich); Paris 1855: Guimet. II. Preismedaille oder Ehrenmünze oder Medaille erster Klasse, London 1851: Büchner (Pfungstadt), Gademann (Nürnberg), Leverkus (Wermelskirchen), Röhr (Wiesbaden); München 1854: Büchner, Gademann, Fries (Heidelberg), Karcher (Kaiserslautern), Curtius (Duisburg), Breuninger (Kirchheim); Paris 1855: Büchner, Leverkus, Fries, Chapnis und Richter (Frankreich). III. Medaille zweiter Klasse, Paris 1855: v. Plönnies (Darmstadt), Curtius, Röhr, Armet de Lisle (Frankreich). Und gleich dem Tell kann die deutsche Ultramarinfabrikation sich rühmen: „Ich habe manchen schönen Preis mir heimgebracht!“

5. Die chemische Fabrikation des Zollvereins.

Zahlen entscheiden! In der Wissenschaft, in dem Verkehr, in der Politik ist dies ein charakteristischer Kernspruch der Gegenwart. Vor allem sind es die Naturwissenschaften, welche darauf hinarbeiten, ein jedes Phänomen nach allen Richtungen quantitativ zu bestimmen. Was einer solchen Auffassung sich entzieht, wie dies theilweise im Gebiete der Meteorologie und der Physiologie der Fall ist,

gehört zu dem bisjetzt noch Unvollendeten, Schwankenden, für welches neue Hülfsmittel, neue Methoden mit rastlosem Eifer gesucht werden. Selbst die Phänomene des Geistes hat man nach gewissen Richtungen nach Zahlenwerthen aufzufassen gesucht. Die Statistiken der Verbrechen, der Geistesverwirrung, der Selbstmorde, der Talente u. s. w. sind Versuche derart. Nicht mit Unrecht glauben wir aus der Häufigkeit gewisser Erscheinungen auf eine entsprechende Wiederholung der bedingenden Ursachen schließen zu dürfen.

Bei genauer Untersuchung verlieren jedoch die Zahlen einen Theil ihres Werths und zwar um so mehr, je unbestimmter die Factoren sind, aus welchen sie hervorgegangen, oder je verwickelter die Verhältnisse, auf welche sie Anwendung finden sollen. In solchen Fällen kann ein rücksichtsloser Schluß aus der Zahl zu einem ganz verkehrten Resultate führen, und darum ist namentlich in den Gebieten der Psychologie, der Politik und des Handels die Anwendung von numerischen Werthen mit allergrößter Umsicht zu gebrauchen.

Wenn wir aus der geringern Anzahl der in einem gewissen Lande zur Bestrafung kommenden Vergehen und Verbrechen einen günstigen Schluß auf den sittlichen Zustand seiner Bevölkerung ziehen, so verwandelt sich derselbe gerade in das entgegengesetzte Resultat, sobald es sich z. B. herausstellt, daß in jenem Lande wegen allgemein herrschender Bestechlichkeit und Käuflichkeit der größte Theil der Uebertretungen des Gesetzes nicht zur Anzeige oder nicht zur Bestrafung kommt. Die Einfuhrlisten Hannovers ergaben für dieses, im Vergleich mit den übrigen deutschen Ländern, einen so außerordentlichen Mehrverbrauch an Colonialwaaren auf den Kopf, daß hierauf im Septembervertrag mit Preußen das Hannover so sehr begünstigende Präcipuum bei der Vertheilung der Zolleinnahme begründet wurde. Läßt sich jedoch die höchst wahrscheinliche Annahme als begründet nachweisen, daß ein großer Theil jener Waaren auf dem Wege des Schmuggels ins Zollvereinsgebiet überging, so erhalten die bei Berechnung des Präcipuums zu Grunde gelegten Werthe ebenfalls die entgegengesetzte Bedeutung.

Indem wir selbst hier eine Zahlenreihe vorzuführen im Begriffe stehen, hegen wir natürlich nicht die Absicht, das Vertrauen zu derselben zu schwächen, da uns zur Erhebung derselben an sich die zuverlässigsten Quellen zu Gebote standen: es sollte nur im allgemeinen jener Einseitigkeit entgegengetreten werden, welche in extremer Richtung die Zahl als alleinigen Factor in die Berechnung der Erscheinungen des Lebens übertragen möchte.

Das lebendigste Bild von der Bedeutung der chemischen Fabrikation würde dem Leser unstreitig durch eine vollständige Statistik der chemischen Gewerbe des Zollvereins dargeboten werden, welche die erzeugten Quantitäten und deren Werthe nachzuweisen hätte. Allein obgleich durch die in den meisten Zollvereinsländern bestehenden Gewerbvereine zu Erhebungen derart einigermaßen die Gelegenheit gegeben ist, so würde die Ausführung einer solchen, sobald dieselbe der erforderlichen Vollständigkeit und Genauigkeit entsprechen soll, einen mehrjährigen Zeitaufwand erfordern. Dagegen erscheint es von nicht minder großem Interesse, zu erfahren, in welchen Gebieten der chemischen Erzeugung die Industrie eines Landes dem Bedürfnisse desselben genügt, in welchen Artikeln es mehr hervorbringt und ausführt, und endlich in welchen dasselbe vom Auslande beziehen muß. Hierzu bieten uns die Aus- und Einfuhrlisten der Zollvereinsstaaten werthvolle Anhaltepunkte, und es ist nur zu bedauern, daß manche Producte, deren Bewegung kennen zu lernen in mehrfacher Hinsicht wünschenswerth wäre, nicht für sich allein, sondern unter allgemeinen Rubriken aufgeführt zu werden pflegen. Dabei wird Gelegenheit genommen, über die Quantität der chemischen Production in Preußen und England besondere Angaben hinzuzufügen, insofern hierüber Quellen zu Gebote stehen.

Aus der Reihe von Jahren, über welche wir in der Lage sind, die Ein- und Ausfuhrziffern zu vergleichen, wählen wir die Jahre 1851 — 55.

	Einfuhr in das Zollvereinsgebiet, in Centnern = 50 Kilogr.					Ausfuhr aus dem Zollvereinsgebiet, in Centnern = 50 Kilogr.				
	1851	1852	1853	1854	1855	1851	1852	1853	1854	1855
Alaun	6592	4690	3200	2268	1374	1318	2689	842	1545	1354
Bleiweiß und Chlorkalk	1988	3686	4688	1654	1886	7357	7283	9710	16611	15594
Soda	126986	134012	86335	82828	115224	5468	5588	16736	16389	16518
Krapp	87635	99031	76117	103701	90852	30475	27440	26367	22724	19305
Pottasche und Weinstein	141275	150330	130055	86740	96587	6163	17017	27787	28573	22152
Salzsäure	265	843	397	58	68	7930	10357	10142	26955	24331
Schwefelsäure	5483	5152	5104	6862	6247	9931	11461	16106	7996	20724
Seife	3679	2986	3098	3269	3730	1415	1903	2609	3916	2836
Talg	13259	29246	9825	15580	81006	4016	7521	7292	1953	2883
Stearinlichter	427	324	292	286	504	1174	1100	2015	7692	9163
Cocostalg, Palmöl	181295	232754	211455	304522	334935	1004	448	1302	1442	1102
Kupfer- und Eisenvitriol	36229	30825	27252	26846	29430	2627	2601	2915	7931	10827
Farbehölzer	335629	283556	309107	368224	550098	55571	95105	81094	81178	174057
Salpeter, Schwefel, Harze, Galläpfel ꝛc.	147413	597065	515010	787954	824340	6627	47639	34799	57443	141356
Thran	202207	141724	144453	194640	194787	2270	2722	1935	2317	2644
Terpentin u. Terpentinöl	34905	31822	36006	43958	46704	241	417	478	609	874

Unterwerfen wir die vorstehenden Zahlen einer nähern Betrachtung, so sehen wir, daß in chemischen Rohmaterialen, wie Schwefel, Pottasche, Salpeter, Vitriol, Farbhölzer, Talg und andern Fetten, eine höchst beträchtliche Einfuhr stattfindet, gegen welche die Ausfuhr sehr unbedeutend erscheint. Wir können hieraus auf die Bedeutung der chemisch-technischen Gewerbe des Zollvereinsgebiets schließen, die noch um so gesteigerter erscheint, wenn wir uns erinnern, daß von den meisten der oben genannten Rohstoffe große Quantitäten im Lande selbst erzeugt und verarbeitet werden. Pottasche, Salpeter und Vitriol sind zwar bereits fabricirte Gegenstände, allein ihre Darstellung ist eine so einfache Procedur, daß sie hier als Rohstoffe aufzuzählen sind, wobei jedoch die Bemerkung nöthig erscheint, daß unter dem Salpeter der aus Chile kommende Natronsalpeter sich befindet, welcher gegraben wird.

Unter den Gegenständen, die das Product einer weitergehenchemischen Fabrikation sind, ist es vorzüglich die Soda, bei welcher die Einfuhr eine außerordentlich hohe Ziffer erreicht, ein Beweis, daß, ungeachtet der in Deutschland bestehenden und Soda von großer Güte erzeugenden Fabriken, das Ausland noch einen großen Theil des Bedarfs liefern muß. Dieser wird hauptsächlich von England bezogen, welches durch die niedrigen Preise des erforderlichen Rohmaterials, des Kochsalzes und des wohlfeilen Brennstoffs einen schwer einzuholenden Vortheil voraushat. Vergleicht man jedoch Einfuhr und Ausfuhr der Jahre 1851 und 1855, so erscheint

erstere um 11,762 Centner vermindert, letztere um 11,050 vermehrt, woraus eine Differenz von 22,812 Centnern zu Gunsten der inländischen Sodafabrikation sich ergibt, die bei dem jedenfalls vermehrten Sodaverbrauch in der Wirklichkeit sich noch weit höher herausstellen muß.

Sehr günstig gestaltet sich dagegen das Verhältniß bei den übrigen Artikeln, wie Alaun, den Mineralsäuren, Bleiweiß, Seife und Stearinkerzen. Die mitgetheilten Zahlen belehren uns, daß die inländische Fabrikation nicht allein den ganzen Bedarf einer Bevölkerung von Millionen deckt, sondern daß noch erhebliche Ueberschüsse zur Ausfuhr sich ergeben. Die eingeführte Schwefelsäure ist rauchendes Vitriolöl aus Böhmen für die Indigofabrikation. Zu bedauern ist, daß der Nachweis einer Bewegung der eigentlichen Chemikalien fehlt, unter welchen wir Phosphor, Blutlaugensalz, Berlinerblau, Ultramarin, Alkaloide und überhaupt feinere chemische Präparate verstehen. Hier würde die Ausfuhr sehr bedeutend die Einfuhr übertreffen und es wäre dies desto höher anzuschlagen, als diese Gegenstände, je mehr sie aus weitläufigern und schwierigern Operationen hervorgehen, um so höhere Werthe repräsentiren und um so günstiger für die gestiegene Entwickelung der chemischen Industrie in unserm Vaterlande sprechen.

Es ist der Satz aufgestellt worden, daß die Erzeugung und der Verbrauch von Schwefelsäure in einem Lande den Höhemesser für die Entwickelung von dessen Industrie und Reichthum abzugeben vermöge. Wenn eine derartige Behauptung auch nicht in ganzer Schärfe sich bewährt, denn es könnte der Fall sein, daß ein Land, durch besondere Verhältnisse begünstigt, eine große Menge von Schwefelsäure zur Erzeugung gewisser Producte verwendet, die ausgeführt werden und in einem andern Lande als Rohmaterial einer viel weitergehenden chemischen Fabrikation dienen: so ist doch die Schwefelsäure ein so wichtiges Hülfsmittel der meisten chemischen Operationen, daß die Menge ihrer Erzeugung allerdings in hohem Grade maßgebend für die Industrie eines Landes genannt werden kann. Es wird daher eine Uebersicht der Vertheilung des aus Si-

cilien im Jahre 1851 ausgeführten Schwefels aus diesem Grunde von großem Interesse sein.

Es betrug diese Schwefelausfuhr des Jahres 1852, nach Zollvereinsgewicht berechnet:

nach England	705147	Centner
„ Frankreich	495080	„
„ Deutschland, Holland, Belgien und Schweiz zusammen	252829	„
„ Amerika	37160	„
„ den übrigen Ländern	405784	„
	1,886000	Centner.

Nach dieser Uebersicht überragt allerdings die Schwefeleinfuhr in England die aller übrigen Länder bei weitem. Wenn wir jedoch in der Einfuhr des Zollvereins für die Rubrik: Salpeter, Schwefel, Harze u. s. w. der Jahre 1851 und 1855 vergleichen, so ergibt sich eine Steigerung von 147413 auf 824340 Centner, wovon eine verhältnißmäßige Zunahme auch für den Schwefel zu rechnen ist.

Beiläufig werde hier bemerkt, daß wir einestheils der Zeit entgegengehen, wo die Ziffer der Schwefeleinfuhr aufhören muß, eine Industrieſcala abzugeben, und wo anderntheils Sicilien nicht mehr in gleicher Weise die Schwefelkammer der Welt sein wird. Die wiederholten Anstrengungen der Chemiker, den Schwefel vortheilhaft aus den inländischen schwefelhaltigen Kiesen, namentlich aber aus den bei der Sodafabrikation bleibenden Rückständen wiederzugewinnen, werden früher oder später mit Erfolg gekrönt. Ist aber einmal diese Aufgabe gelöst, dann wird der Schwefel in der Fabrikation einen fortwährenden Kreislauf machen, heute als Schwefel, morgen in der Schwefelsäure, dann im schwefelsauren Natron, hierauf im Schwefelcalcium der Sodarückstände existiren, um endlich aus diesem wieder als Schwefel hervorzugehen zum neuen Beginn derselben Wanderung. Sein Verbrauch wird dann zu einem Wechselgeschäft, von welchem Sicilien nicht mehr das Ka-

pital, sondern nur noch die Cursdifferenz, d. h. den unvermeidlichen Fabrikationsverlust zu decken hat.

Von welch außerordentlichem Einfluß die Preise und die hierauf wirkenden Zölle sind, ergibt sich aufs schlagendste aus der zuverlässigen Mittheilung über die Schwefelsäureproduction in Oesterreich, welche der Fabrikant Seybel gelegentlich der Naturforscherversammlung in Wiesbaden machte. Während in frühern Jahren der Betrag der jährlich erzeugten Schwefelsäure in der Gesammtmonarchie im Durchschnitt 100000 Centner betrug, hat seit drei Jahren, infolge des erniedrigten Schwefelzolls und der an Fabrikanten vom Staate bewilligten geringern Kochsalzpreise, die Fabrikation der Schwefelsäure so zugenommen, daß im letzten Jahre in Wien allein eine jenem ganzen Quantum von 100000 Centnern gleichkommende Menge von Schwefelsäure producirt wurde.

Noch bleibt uns übrig, dem Leser über die in der vorangehenden Tabelle eingeführten Farbstoffe, wie namentlich Krapp, Indigo, Galläpfel und Farbhölzer, die in sehr bedeutenden Zahlen auftreten, einige Auskunft zu ertheilen. Bei allen übertrifft die Einfuhr bei weitem die Ausfuhr, sodaß für das inländische Bedürfniß ein großer Verbrauch bleibt. Allein dieser Verbrauch erscheint beträchtlich vermindert und die Ziffer der wieder ausgeführten Farbstoffe in demselben Maße erhöht, wenn wir die Bewegung einiger andern Fabrikate verfolgen. So z. B. beträgt in den Jahren 1851 bis 1855

	die Einfuhr:					die Ausfuhr:				
	1851	1852	1853	1854	1855	1851	1852	1853	1854	1855
von Baumwollenwaaren	8170	7586	8257	8259	8790	128322	129898	164037	204014	192257
Leinenwaaren . .	42798	34119	34973	22571	27343	116007	117878	121086	194616	189823
Wollenwaaren . .	23928	21729	19904	20000	22941	117739	132769	143437	189991	194182
Seidenwaaren . .	5260	5385	5569	5986	7202	14555	15715	32183	28410	14982

Da hierunter ein großer Theil gefärbter und gedruckter Zeuge sich befindet, so sehen wir, daß die Farben in anderer Weise wieder zur Ausfuhr gelangen, wobei zugleich ihr Werth durch die daran verwendete Arbeit ein größerer geworden ist. Ueberdies erscheint bei den Waaren aus Baumwolle, Leinen und Wolle die Ausfuhr

in beträchtlicher Zunahme, während die Einfuhr sich auffallend gleichgeblieben ist.

Wie entfernt auch die vorstehenden Angaben von einer chemisch-technischen Statistik sind, so mögen sie doch immerhin geeignet sein, eine gewisse Einsicht in Umfang, Bedeutung und Richtung derselben innerhalb des Zollvereinsgebiets zu geben, als demjenigen Lande, welches für die Mehrzahl unserer Leser das interessanteste ist.

Nicht minder erfreulich und für eine sich steigernde Entwickelung auch der chemischen Industrie wichtig ist der Umstand, daß die großen Kapitale sich mehr und mehr den großen Industrien zuwenden, wie namentlich die in den jüngsten Jahren entstandenen bedeutenden Fabrikanlagen in Süddeutschland beweisen. So hat beispielsweise in dem Großherzogthum Hessen innerhalb der letzten Jahre die Anzahl der thätigen Dampfmaschinen von 26 auf 124 sich erhoben, folglich mehr als vervierfacht!

6. Die Chemie im Glaspalast.

Seit Jahrtausenden haben alle irdischen Größen ihre Macht und Herrlichkeit zu offenbaren gesucht durch die Errichtung und Ausschmückung von Palästen. Wenn uns das Alterthum von fabelhaft klingenden Unternehmungen dieser Art berichtet, die in den ausgedehnten Ruinen und großartigen Bruchstücken eine nachträgliche Bestätigung erhalten, so geben neuere Jahrhunderte nicht minder Zeugniß, wie sowol die Macht als auch der Reichthum stets bestrebt sind, sich ihrer würdige Sitze zu bereiten. Auch die schönen und heitern Künste folgten mit Eifer derselben Richtung und die Museen, Galerien und Theater, die sie hervorzurufen wußten, geben dafür Zeugniß. Nur die nützlichen Künste, die Gewerbe, die Industrie, allen als Helferin dienend, sie haben nie und nirgends sich ähnliche Prunksitze bereitet. Denn ihre Wohnsitze, die allerdings häufig an Ausdehnung und Großartigkeit den vorgenannten Herrlichkeiten gleichkommen, ja sie übertreffen, die Werkstätten und

Rüstkammern der Industrie sind freilich nichts weniger als prachtvoll und reizend.

Nun hatten aber die sämmtlichen Industrien der Welt in neuerer Zeit dem Wunsche nachgegeben, einmal Zusammenkunft zu halten, um gegenseitig nähere Bekanntschaft zu machen und nach Abschüttelung des Handwerkstaubes im schönsten Schmuck und besten Glanze sich zu zeigen. Dafür mußte jedoch ein Versammlungsort gegeben sein, ein Haus, das seinesgleichen bisjetzt nicht hatte, bestimmt zur Aufnahme friedlicher Werke von dämonischer Gewalt, durch bescheidene Arbeit errungener Producte, in welchen doch die Kraft ganzer Völker niedergelegt erscheint — ein Haus, ungeheuer in seinen Räumen, hell, luftig und trocken. Es entstand der Glaspalast in London, ein Wunder der Industrie, ein Vorbild für alle folgenden Ausstellungen.

Die Industrien hielten ihren Einzug in das ihnen bereitete Haus, eine jede so stattlich und umfangreich als möglich, eine jede daherschreitend, als ob sie des ersten Preises sich versichert halte. Und ein jeder Techniker, welchen Faches er war, beeilte sich, diesen Wettzug mit anzusehen, ein jeder begierig, am Glanz und Triumph seines Gewerbes sich zu erfreuen und den Antheil des ihm gebührenden Ruhmes mit Stolz und Befriedigung dahinzunehmen.

Auch der Chemiker erschien; auch er war begierig, seine Erzeugnisse auftreten zu sehen, auch er, erfüllt von dem wichtigen Aufschwung seiner Industrie, durfte hoffen, sie hier strahlend verherrlicht zu finden.

Welche Enttäuschung! Kaum irgendein Zweig der gewerblichen Thätigkeit ist weniger geeignet, mit ihren unmittelbaren Producten Aufsehen zu erregen, als die Chemie. Diese Ueberzeugung gewährte uns die Betrachtung der chemischen Abtheilungen der londoner und der folgenden Industrieausstellungen. Theils in Glasschränken, theils auf Etageren, meist nur auf flachen Tischen erblickt man vor sich ein Chaos von Gläsern, Flaschen, Glocken, Vasen, Cylindern, Büchsen, Kästchen und Schachteln, groß und klein durcheinander. Die Mehrzahl derselben, angefüllt mit pulverisirten oder krystallisirten Substanzen, vorherrschend von weißer Farbe gewährte,

trotz der confusen Mannichfaltigkeit der Gefäße, im ganzen ein ziemlich unscheinbares und eintöniges Ansehen, das nur hier und da durch brillante Farben, namentlich durch Ultramarin und schöne Krystallgruppen in etwas gehoben wurde.

Imponiren kann die Chemie mit der Ausstellung ihrer Werke nicht, das sieht man sogleich. Die reichsten und artigsten Sammlungen chemischer Producte, die zierlichsten und reinsten Kryställchen, die ganze Reihe jener Stoffe, die die Welt nicht blos bedeuten, sondern wirklich zusammensetzen — alles, was im Laboratorium, im Studirzimmer, im Cabinet das Herz des Chemikers erquickt und entzückt: es schrumpft zum Winzigen im ungeheuern Raume, es verschwindet ins Unbedeutende jenen Erzeugnissen gegenüber, wo Form, Farbe und Masse sich vereinigen, um die Aufmerksamkeit anzuziehen, die Sinne einzunehmen, die Phantasie zu fesseln. Was kann es helfen, auf einige große und prachtvolle Krystallgruppen von Alaun und Blutlaugensalz hinzuweisen — die Bronzen von Paris, die Vasen von Sèvres, die Stoffe von Lyon, die Marmore Italiens, die Malachite Rußlands, die Waffen von Lüttich stellen alles dies weit, weit in den Hintergrund. Welch ein Contrast, wenn man sich in Gedanken aus diesem friedlichen Stilleben chemischer Productengläser in die Abtheilung der Maschinen versetzt, mit ihren glattpolirten, glänzenden Rädern, Rollen und Scheiben, mit ihren Cylindern, Balanciers und Stangen — vielarmige, tausendfingerige Ungeheuer, alle in schnaubender und schwirrender Bewegung, als ob der unsichtbare Geist des Jahrhunderts, am Webstuhl der Zeit sitzend, die Arbeit regierend den Gewaltigen gebiete! Wie fällt der äußerliche Vergleich mit dem Auftreten der übrigen Industrien zum Nachtheil der Chemie aus. Gewiß, diese Wirkung auf den betheiligten Zuschauer ist nicht erhebend und unter ähnlichem Eindruck wäre vielleicht mancher Industrielle niedergeschlagen und entmuthigt zurückgekehrt von dem Schauplatze seiner getäuschten Hoffnungen.

Nicht so der Chemiker. Muß er doch in sich das Bewußtsein tragen, daß alle diese unscheinbaren Gefäße mit Chemikalien wahre Pandorabüchsen sind, aus welchen, gleich entfesselten Leidenschaften,

die losgelaſſen mit dämoniſcher Gewalt die mannichfaltigſten und großartigſten Wirkungen hervorrufen können, jene Stoffe hervorgehen, welche Licht und Feuer entzünden, Bomben beflügeln, Waſſer zerſetzen, Felſen auflöſen — die freſſenden Säuren, die ätzenden Laugen, die tödlichen Gifte, die heilenden Salze, die flüchtigen Geiſter und feinen Parfüme.

Der Chemiker beherrſcht und beſtimmt die Qualität der Materie; und welche Phaſe des Lebens, welche Seite des Bedürfniſſes kann ſich hiervon unabhängig erklären? Man gehe nur durch jene ungeheuern Räume, angefüllt mit den Schätzen der Welt, bewundere den Glanz und die Farbenpracht jener Stoffe von Seide, Wolle und Baumwolle, betrachte die farbigen Papiere und Tapeten, dieſe Malereien von Sèvres, Berlin und Dresden, die Kryſtalle aus Böhmen, jene Tempel und Statuetten aus Stearin, dieſe Pyramiden und Kryſtalle von Zucker — weitab von den Tiſchen der chemiſchen Präparate. Erforſcht man ſodann, was dieſe Gegenſtände ſo herrlich, ſo brauchbar, ſo wohlfeil, ſo verbreitet und ſo zugänglich gemacht hat, und die Antwort wird zurückführen ins ſtille Cabinet, wo der Chemiker ſeine Stunden verbringt, die Oscillationen der Zunge ſeiner Wage mit hingebender Geduld beobachtend.

Das gegenwärtige Jahrzehnd hat uns drei große Ausſtellungen gebracht, nämlich die Weltausſtellungen von London und Paris in den Jahren 1851 und 1855, und die deutſche Induſtrieausſtellung in München vom Jahre 1854. Wir haben jedoch nur die erſte derſelben einer eingehenden Erörterung unterzogen, da deren Reſultat im weſentlichen auch auf die nachfolgenden Ausſtellungen anwendbar iſt.

Die londoner Induſtrieausſtellung hatte die Beſtimmung, den Höhepunkt der verſchiedenen Induſtrien überhaupt und den der einzelnen Länder insbeſondere darzuſtellen. Iſt dieſer Zweck in der That erreicht worden, ja hätte man ſich ſeiner Erreichung auch nur genähert, ſo muß der Bericht über den chemiſchen Theil der Ausſtellung, verfaßt von den ausgezeichnetſten Fachmännern, ein Bild der induſtriellen Entwickelung in dieſem Gebiete und ſomit einen

Maßstab für die Bedeutung der Chemie in der Gegenwart überhaupt abgeben. Diese Ansicht findet auch ihre volle Bestätigung in den von urtheilsfähiger Seite in England ausgegangenen Aeußerungen, von welchen wir hier die Worte Playfair's anführen. „Als Ergebniß der Ausstellung", äußert derselbe, „finden wir etwas, wohl geeignet, England in Erstaunen zu versetzen. Wo immer auch Kunst oder Wissenschaft Elemente des Fortschritts bilden — und dies ist fast allenthalben der Fall — da ergab es sich als ein unabänderliches Gesetz, daß diejenige Nation den ersten Rang behauptet, welche jene am meisten cultivirt. Werfen wir einen Blick auf Länder, in welchen die Chemie studirt, wo ihre Hülfe gesucht wird, so erscheinen sie uns als Werkstätten für die Welt, die das Vorzüglichste erzeugen, zu dessen Ankauf und Belohnung von den entferntesten Punkten der Erde die Reichthümer als nachhaltiger und freiwilliger Tribut hereinströmen. Die großartige Darlegung der Vervollkommnung durch Kunst und Wissenschaft, welche die Industrieausstellung aller Völker bot, brachte in dieser Hinsicht Wahrheiten an den Tag, die mit der Stimme der Posaune die ernste Mahnung verkünden, daß ein Land, welches dahin strebt, einen Rang im Wettkampfe der Welt zu behaupten, die Pflege der Wissenschaft nicht länger mit gleichgültigem Auge ansehen darf."

Erkennen wir nicht deutlich in solchen Aussprüchen den Angstruf der Industrie Englands, die mit Schrecken wahrnimmt, daß von Kunstsinn und Wissenschaft durchdrungene Länder, wie Frankreich und Deutschland — das letztere trotz der allerungünstigsten Verhältnisse — mehr und mehr drohen, der britischen Geldkraft und Thatkraft und der vollendeten Abrichtung des englischen Arbeiters den Rang streitig zu machen!

Vergleichen wir die verschiedenen, über die Ausstellung vorliegenden Berichte, darunter den großen officiellen Bericht der Jury, so stimmen diese in den wesentlichen Punkten hinreichend überein, und wir ersehen daraus, daß in Beziehung auf Leistungen im Gebiete der Chemie nur England, Frankreich und Deutschland wesentlich in Betracht kommen.

Hinsichtlich der Vertretung auf der Ausstellung war England

durch die Nähe des Orts, die Einheit der Leitung, die leichten Communicationsmittel, durch den natürlichen Ehrgeiz, im eigenen Lande vom Fremden nicht überflügelt zu werden, allzu sehr im Vortheil, als daß es nicht den ersten Rang hätte einnehmen sollen. Ein Theil dieser Vortheile kam offenbar auch den Franzosen zu statten. Was die deutsche chemische Fabrikation betrifft, bemerkt ein Berichterstatter, so sei diese weniger vollständig vertreten gewesen, als es der Zustand dieser Industrie gestattet haben würde; daß in ihren Lieferungen nichts principiell Neues zu nennen, wohl aber viel lobenswerthe Leistungen anzuführen seien, und man behaupten könne, daß wenn auch die deutsche Ausstellung mit der prachtvollen englischen nicht in Wettkampf zu treten vermöge, sie doch selbst Frankreich übertreffe, und Oesterreich, Belgien u. s. w. weit hinter sich lasse, wenigstens was den Werth (die Güte) der Gegenstände, wenn auch nicht was die äußere Erscheinung betrifft. Die auf flachen Tischen dicht zusammengedrängten, oft kleinen und unscheinbaren Gläser gewährten kein einladendes Aussehen, und wenn man die gefälligen Schaffaudagen der Franzosen durchgegangen, so mußten einige Gläser, selbst wenn sie groß und eine große Fabrik vertraten, Mühe haben, sich als würdige, den richtigen Eindruck hervorbringende Ausstellung geltend zu machen. Unwillkürlich tritt dem Leser bei dieser Schilderung die Landkarte von Deutschland vor die Augen!

Ueberraschen wird es hiernach nicht, daß von den in der chemischen Klasse vertheilten vier ersten Preisen, bestehend in der goldenen, sogenannten Council-Medaille, keiner auf Deutschland entfallen ist, und außer unserm Selbstbewußtsein, daß wir besser sind als wir dort erschienen, möchte das hierfür Tröstliche vielleicht in den folgenden Worten des englischen Berichts enthalten sein: „Es ist offenbar, daß die chemische Fabrikation in England mehr in einzelne Zweige vertheilt ist und eine größere Production bei einzelnen erreicht hat als auswärts. Andererseits aber war die große Mannichfaltigkeit der Producte einer einzigen Fabrik, wie sie die fremden Ausstellungen und insbesondere die deutschen darboten, oft in hohem Grade überraschend; eine Mannichfaltigkeit, ohne Beein-

trächtigung der Güte, die ein Zeugniß der vorzüglichen chemischen Ausbildung und der dadurch vermehrten Hülfsmittel der Aussteller ist."

Wir sind aber überzeugt, daß bei etwas größerer Anstrengung auch jene äußere Anerkennung der deutschen chemischen Industrie nicht gefehlt haben würde. So z. B. hätte einer glänzenden Schaustellung sämmtlicher Producte der chemischen Fabrik von Merk in Darmstadt, die sich mit der Darstellung organischer Präparate, insbesondere der Alkaloide befaßt und sowol in Qualität als Quantität wol nirgends übertroffen wird, ein erster Preis nicht entgehen mögen, wenn sie vorhanden gewesen wäre. Für gleich unerreicht halten wir die ganze chemische Productenreihe aus der Chinarinde, wie sie im größten Maßstabe aus Zimmer's Fabrik in Frankfurt a. M. hervorgeht, und die ebenfalls unvertreten geblieben war. Selbst die ihrer Zeit mit etwas zu viel Lärm verpuffte Schießbaumwolle hat vielleicht doch noch eine bedeutende Zukunft in ihrer Anwendung bei Sprengungen und Geschützen in geschlossenen Räumen, in Kasematten und bei Schiffskanonen, und ihre Entdecker, die Herren Schönbein und Böttger, mögen sich mit der ihnen von seiten des österreichischen Staats inzwischen gewordenen Anerkennung, bestehend in 30000 Fl., vertrösten.

Liest man das Verzeichniß der Preisrichter und deren Adjuncten durch, so finden wir keine einzige unserer sämmtlichen chemischen Größen angeführt, während aus Frankreich, außer Dumas, dem Stern erster Größe, nicht weniger als zwei Mitglieder der Akademie, Balard und Payen, sowie noch zwei Professoren von Auszeichnung, Peligot und Persoz, aufgenommen sind. Gewiß liegt hierin kein Grund, die Verkürzung der Anerkennung für Deutschland zu suchen, denn diese Männer sind zu ausgezeichnet, als daß ihre Urtheile ungerecht erscheinen können; allein wohl hätte es jedem gethan, in jenem Verzeichniß auch Namen wie Mitscherlich, Liebig, Rose, Wöhler, Gmelin, Bunsen zu finden, nach den Worten des Dichters:

Und nennt man die besten Namen,
So wird auch der deine genannt.

Von den goldenen Preismedaillen wurde die erste der Firma Prat und Agard in Aix ertheilt, für die Darstellung einer Reihe von Salzen, welche sie nach einem von dem Chemiker Balard (dem Entdecker des Broms) angegebenen Verfahren aus dem Meerwasser darstellte. An geeigneten Stellen der Küste unterwirft man schon seit langer Zeit das Meerwasser einer freiwilligen Verdunstung zur Gewinnung von Kochsalz. Man ließ die Flüssigkeit, aus welcher dieses krystallisirt war, die sogenannte Mutterlauge, unbenutzt wieder ins Meer fließen. Durch weitere Verdunstung derselben und unter Beobachtung gewisser Grade der Concentration und Temperatur liefert sie schwefelsaures Natron, Chlormagnesium und Chlorcalcium, welche dann zur weitern Darstellung von Soda, Salzsäure und Pottasche zu benutzen sind. Auf diese Weise könnte das Meer zur ausreichenden Quelle für den ganzen, seither nur aus der Verbrennung der Vegetabilien gezogenen Bedarf von Pottasche werden.

Frankreich erhielt eine weitere goldene Preismedaille in der Person des Herrn Guimet, des Entdeckers und Fabrikanten des künstlichen Ultramarins. Wir erinnern an die im vorhergehenden Abschnitt hierüber gegebene geschichtliche Mittheilung, wonach unserm Landsmanne Ch. Gmelin die goldene Medaille nicht minder gebührt.

Die dritte goldene Preismedaille kam nach Toscana. Sie wurde dem Grafen von Larderel ertheilt, für seine Verdienste um die Fabrikation der Borsäure. Durch zweckmäßige Vorrichtungen werden in den Suffionen — Ströme von Gasen und Dämpfen, welche aus Spalten des vulkanischen Bodens entweichen — geringe Mengen von Borsäure in wässeriger Lösung angesammelt und letztere zur Krystallisation verdampft, wobei, was das Interessanteste ist, die Wärme des vulkanischen Bodens selbst zur Verdampfung benutzt wird. Die vermehrte Production dieses Materials erweiterte sehr dessen Anwendung zur Glasur der Porzellane und in neuester Zeit zur Anfertigung eines Krystallglases von höchst ausgezeichnetem Glanz, indem die Borsäure mit Zinkoxyd, anstatt mit Bleioxyd, verbunden wird.

Die chemische Industrie Englands endlich wurde ebenfalls durch eine goldene Preismedaille belohnt. Dieselbe ward einem Herrn Longmaid ertheilt, und zwar streng genommen weniger für das, was seine Bemühungen bisjetzt leisteten, als für das, was sie versprechen. Es handelt sich nämlich bei dessen Unternehmen um nichts Geringeres als den großen, in den ausgedehntesten Fabriken üblichen und bewährten Gewinnungsproceß der Soda von Leblanc durch ein neues Verfahren zu ersetzen, was namentlich die Aufgabe sich stellt, die Sodaerzeugung unabhängig von der seither nothwendigen Schwefeleinfuhr vom Auslande zu machen. Man muß gestehen, daß jede wirkliche Annäherung an dieses Ziel allerdings eine Anerkennung verdient. Longmaid erhitzt Schwefelkies (eine in England und auch in manchen Gegenden Deutschlands in Menge vorkommende Verbindung von Schwefel und Eisen) in geeigneten Vorrichtungen mit Chlornatrium (Kochsalz) und erhält als Producte schwefelsaures Natron und Chlor, wovon das erstere zur Fabrikation von Soda, das letztere zur Chlorkalkbereitung weiter verwendet wird. Die hinreichend genaue Ausführbarkeit sowie die Rentabilität dieses Verfahrens werden zwar in Zweifel gezogen, allein bemerkt wird, daß schon bei der Ersparung der Schwefelsäure und des Braunsteins unter gewissen Umständen, namentlich in mancher Gegend, lohnende Erfolge durch dasselbe zu erreichen sein mögen.

Beiläufig werde hier bemerkt, daß ein französischer Fabrikant Schwefelsäure ausstellte, deren Bildung nicht, wie gewöhnlich, in kostspieligen Bleikammern vor sich geht, sondern in einem System von dreihalsigen Thongeschirren (Steingut), die keiner Reparatur bedürfen.

Außer den genannten und durch die ersten Preise gekrönten neuesten Leistungen der technischen Chemie fanden jedoch die Preisrichter noch mehrere Productionen einer anerkennenden Besprechung werth, wenn dabei auch nicht immer jeder einzelne Fabrikant mit einer Auszeichnung bedacht werden konnte. Als solche werden hervorgehoben die eben erwähnte Fabrik von Schwefelsäure in Thongeschirren, die seit 1846 in Javel bei Paris besteht und jährlich 18000 Centner Säure erzeugt; der allotropische Phosphor, von

Schrötter in Wien entdeckt, der in Gestalt eines rothen, für sich schwer entzündlichen Pulvers in den Handel gebracht wird; die mehr und mehr ausgedehnte Gewinnung des Jods, sowie des Schwefelkohlenstoffs, der zur elektrischen Vergoldung und Versilberung neuerdings eine vermehrte Anwendung findet. Ebenso bieten eine beträchtliche Erweiterung und Vervollkommnung in der Fabrikation dar: das zweifach chromsaure Kali oder Blutlaugensalz, das zinnsaure Kali, sämmtlich in der Färberei und Druckerei gebräuchliche Substanzen. Eine besondere Wichtigkeit und Ausdehnung hat ferner die Fabrikation erreicht, welche auf der Destillation der Steinkohle, der Braunkohle und des Thonschiefers und der Vernutzung der Nebenproducte der Leuchtgasbereitung beruht. Die Reihe nutzbarer Producte, welche aus dieser Zersetzung hervorgeht, bilden: der Asphalt, benutzt zu Fußwegen; das rohe Theeröl, besonders zur Conservirung des unter Wasser befindlichen Holzwerks verwendet; die Naphtha, ein flüchtiges Oel, theils mit Terpentinöl vermischt zur Auflösung des Kautschuks, theils zur Beleuchtung verbraucht; Ammoniaksalze; flüchtiges Oel, besonders empfohlen zum Schmieren der Maschinen; Metallfirnisse, Kienruß, Kreosot, Naphthalin, das zu Kerzen benutzbare Paraffin und andere mehr.

Auch in der Erzeugung von Alaun, Vitriol, Bleiweiß und Zinkweiß treten bemerkenswerthe Fortschritte hervor. Das Zinkweiß verspricht insofern eine große Bedeutung zu erhalten, als es den Vorzügen des Bleiweißes sehr nahe steht, ohne dessen Nachtheil zu haben, namentlich bei Abschluß von Licht und durch schwefelhaltige Einflüsse, gelb, braun und schwarz zu werden.

Für die Kattundrucker und Färber wird besonders auf ein Verfahren hingewiesen, wodurch die gemahlene Krappwurzel, indem sie, mit verdünnter Schwefelsäure befeuchtet, der Einwirkung heißen Dampfes ausgesetzt wird, eine Veränderung erhält, die in Erhöhung der Schönheit und Löslichkeit ihres Farbstoffs besteht. Der also behandelte Krapp wird Garancin genannt, und es ist namentlich wichtig, daß, wie seither üblich, bereits gebrauchter Krapp durch dieses Verfahren noch eine beträchtliche Menge nutzbarer Farbe liefert. Von großem Interesse erscheint für diese Gewerbe auch eine

neue Methode, der Baumwolle durch ein kurzes Bad in ätzender Soda in hohem Grade das Ansehen und namentlich gegen Farben das Verhalten der Wolle zu geben. Dieselbe soll alsdann die Farbe nicht blos äußerlich, wie seither, annehmen, wo also ein Abreiben und Unscheinbarwerden mit der Zeit eintritt, sondern es werde die Faser vollständig von der Farbe durchdrungen. Die Entdeckung, welche von Mercer herrührt, ist auf der Ausstellung durch eine große Reihe ungefärbter und gefärbter Proben erläutert worden.

Noch wollen wir eine kurze Besprechung einer andern chemischen Merkwürdigkeit gönnen, obgleich sie in der Ausstellung weit entfernt von den vorgenannten chemischen Producten aufgestellt war. Es ist dies der sogenannte Feuerannihilator, d. i. Feuervertilger nach dem rein chemischen Princip construirt, daß durch die Erzeugung großer Mengen von Gasen, in welchen eine Verbrennung durchaus unmöglich ist, augenblicklich jedes Feuer ausgelöscht werden kann, auf welches man dieselben hinleitet. Ein Apparat von Blech, an Gestalt und Form einer Gießkanne ähnlich, enthält, zu diesem Zwecke ineinander geschachtelt, erstens einen Behälter mit Wasser, in diesem einen weitern, gefüllt mit einem innigen Gemenge von Kohle und Salpeter, und einen dritten, worin sich chlorsaures Kali und ein Fläschchen mit Schwefelsäure befindet, welch letzteres, sobald der Apparat in Wirksamkeit gesetzt werden soll, durch einen von außen eingestoßenen Stift zerbrochen wird. Sogleich entsteht nun im Apparat eine höchst energische Verbrennung, deren Producte, aus Stickstoff und Kohlensäure bestehend, vermischt mit dem Dampf des erhitzten Wassers mit Gewalt aus der Mündung des Apparats herausströmen und, von dem Löschmann auf ein Feuer gerichtet, dieses rasch ersticken. Mehrfach angestellte Versuche in zum Theil bedeutendem Maßstabe haben eine erfolgreiche Anwendbarkeit dieses Feuervertilgers dargethan, der namentlich bei ausbrechenden Bränden am nützlichsten sich erweisen dürfte, und in Theatern, Magazinen, Archiven u. dgl. den großen Vorzug darbietet, daß er nicht die Beschädigungen anrichtet wie der löschende Strahl unserer gewöhnlichen Feuerspritze. Auf demselben Princip

beruhen die neuerdings von Thouret in Berlin angebotenen Schutzmittel gegen Feuer.

Aus der Gesammtzahl von 270 Ausstellern chemischer Producte wurden 95 in Anerkennung der Vorzüglichkeit ihrer Erzeugnisse durch die Ertheilung der silbernen Preismedaille und viele andere durch ehrenvolle Erwähnung ausgezeichnet. Auch hier erscheint die chemische Fabrikation Deutschlands nicht im Vortheil, denn, Oesterreich eingerechnet, auf welches nur vier Preismedaillen fielen, betrug die Zahl der an deutsche Aussteller ertheilten Preismedaillen nur 23, also noch nicht den vierten Theil der überhaupt bewilligten, von welchen England und Frankreich das Meiste davontrugen, da nur einige wenige auf andere Länder, wie Rußland, Belgien, Italien und Nordamerika sich zerstreuten.

Die großen Industrieausstellungen von München 1854 und Paris 1855 folgten der londoner zu rasch, als daß Neues von großer Bedeutung zu erwarten gewesen wäre. Sie konnten nur dazu dienen, den anhaltenden förderlichen Einfluß der Chemie auf eine mannichfaltige Reihe von Gewerben nachzuweisen, und der Bericht der pariser Jury hebt in dieser Beziehung hauptsächlich hervor, wie die wichtigsten Fabrikationen sowol in Qualität als Quantität ihrer Producte die merkwürdigsten Fortschritte gemacht haben, als deren wesentlichste Folge die auffallendste Preisermäßigung des Erzeugnisses erscheint. Von besonderm Werth sind mehrfache in dieser Beziehung gemachte Zahlenangaben, deren wir einige mittheilen werden.

Fortschritte der erwähnten Art werden hervorgehoben in der Fabrikation von Schwefelsäure, Wasserglas und Anwendung desselben, Pottaschengewinnung, Meersalze, Blutlaugensalz, Chrompräparate, Ammoniaksalze, Borsäure, Jod, Phosphor und Graphit; ferner die Ausdehnung, welche die Verarbeitung des Kautschuks sowie die Anwendung der trockenen Destillation gewonnen hat auf Harze, Schiefer, Blätterkohle und Torf, alle auf Herstellung flüssiger und fester Beleuchtungsstoffe gerichtet, von welchen mehrere unter den Namen von Harzöl, Codöl, Mineralöl, Solaröl, Photogen u. a. m. bereits im Handel erscheinen. Als die bedeutendste

Leistung im Aufklärungsgebiet erscheint uns die von Pettenkofer in München ausgegangene Erzeugung des Leuchtgases aus Holz, und eine große Ehrenmedaille hätte hier ihre angemessene Verwendung gefunden. Allein auch in Paris suchen wir unter den Chemikern der Jury vergeblich nach einem unserer deutschen illustren Namen, während Frankreich durch Dumas, Balard, Persoz, Kuhlmann und Wurtz vertreten erscheint und England durch Graham.

Als Preise erster Klasse wurden in der Abtheilung für Chemie funfzehn goldene Ehrenmedaillen vertheilt, darunter vier große Ehrenmedaillen als ganz besondere Auszeichnung. Diese letztern erhielten: Guimet (Lyon) für Ultramarin (vergl. S. 363), Chevreuil (Paris) als Entdecker der Fettsäuren (vgl. S. 130), Tennannt und Comp. (Glasgow) für Entdeckung der Anwendung des Chlorkalks und sonstige großartige Fabrikation; Goodyear (Neuyork) für Erfindung der Vulkanisirung des Kautschuks, Härtung und Fabrikation desselben. An die Ertheilung der goldenen Ehrenmedaille reihen sich nachfolgende Namen und Verdienste: Gebr. Bayvet und Comp. (Paris) farbige Saffiane; Guibal Sohn und Comp. (Paris), Kautschukzeuge; K. Kestner (Thann im Elsaß, Entdecker der Traubensäure), große Sodafabrikation; A. de Milly (Paris), Stearinkerzen; Nys und Comp. (Paris), Glanzleder; Perret und Sohn (Lyon), Ausbeutung des Kupferkieses; M. Plummer (Pont-Audemer, Frankreich), Glanzleder; die Seifenfabrikation von Marseille; die Bergbaugesellschaft von Buxweiller im Elsaß (vergl. S. 355); Daftler und Palmer (London), feine Lederwaare; Price's Patent Candle Company (London), Stearinkerzen; Graf von Larderel (Voltera, Toscana), Borsäure; die königliche Manufactur zu Schönebeck (Preußen), Fabrikation chemischer Präparate; Mayer, Michel und Denninger (Mainz), farbige Saffiane, Leder und Glanzleder; S. D. Stark (Altsattel in Oesterreich), Ausbeutung der Eisen- und Kupferkiese (vgl. weiter unten).

Es entfallen somit von den funfzehn Preisen ersten Ranges nur drei auf Deutschland und darunter keine der vier großen Ehren-

medaillen. Von den silbernen Medaillen wurden dem Zollvereinsgebiete 37 zu Theil, und schon früher haben wir gezeigt, daß ein Hauptantheil hieran der Ultramarinfabrikation zukommt.

Wenn wir bemüht waren, dem Leser ein Bild der chemischen Industrie zu entwerfen, so wird dieses gehoben erscheinen durch die nachfolgende Mittheilung von Zahlen über die jährliche Production einiger chemischen Urgewerbe, die wir dem Berichte der pariser Jury entnehmen:

	Anonyme Gesellschaft der Spiegelfabrikation zu St.-Gobain i. Frankreich.	Tennannt u. Comp. zu St.-Rollox bei Glasgow in England.	S. D. Stark zu Altsattel in Böhmen.
Verwendete Rohstoffe.	Centner zu 50 Kilogr.	Centner zu 50 Kilogr.	Centner zu 50 Kilogr.
Kohle	460000	1,804000	
Kochsalz	200000	340000	
Schwefel	100000	110000	
Braunstein	60000	90000	
Natronsalpeter	5000		
Kalk	34000	600000	
Kreide	180000		
Erhaltene Producte.		48000 (Seife)	
Schwefelsäure	360000	40000	47660
Salzsäure	260000		
Glaubersalz	230000		9570
Rohe Soda	260000		
Krystallisirte Soda	90000	140000	
Calcinirte Soda	70000	240000	
Chlorkalk	60000	140000	
Schwefel			9300
Eisenvitriol			32760
Alaun			18900
Tafelglas			75600

Wir reihen hieran die Preisvergleichung einiger chemischen Rohmateriale und Producte in England, innerhalb der letzten zwanzig Jahre; für den Centner zu 50 Kilogr.:

	Chlorkalk.	Kryst. Soda.	Calc. Soda.	Schwefel.	Braunstein	Kochsalz.
1824						2 fl. 34 kr.
1834	13 fl. 32 kr.	7 fl. — kr.		6 fl. 4 kr.	4 fl. — kr.	—fl. 30 kr.
1844	9 fl. 25 kr.	3 fl. 44 kr.	5 fl. 48 kr.	2 fl. 48 kr.	4 fl. 20 kr.	—fl. 30 kr.
1854	7 fl.	3 fl. — kr.	5 fl. 30 kr.	3 fl. — kr.	2 fl. 20 kr.	—fl. 30 kr.

Als Hauptresultate der Ausstellung wird von seiten des Ausschusses der Preisrichter und Sachverständigen die auch in dem Gebiete der Mechanik offenbarte Thatsache ausgesprochen, daß die durch wissenschaftliche Forschung geleitete Praxis in neuester Zeit zu hoher Vervollkommnung der Methode vorangeschritten ist, daß infolge hiervon die Preise aller chemischen Producte, in stetem Sinken begriffen, ihre Verwendbarkeit in immer weitern Kreisen möglich machen, und daß hieraus der wohlthätigste Einfluß auf die Kunst, auf das Wohlbefinden und die Gesittung der Völker hervorgeht!

7. Die Chemie und die Landwirthschaft.

Wol selten hatte eine wissenschaftliche Literatur einer größern Theilnahme, einer raschern und ausgedehnteren Verbreitung sich zu erfreuen als diejenige chemische Literatur der Gegenwart, welche bemüht ist, den Antheil des Chemismus am Pflanzenleben nachzuweisen und festzustellen. Wenn unverkennbar das anfängliche Ziel der in diesem Gebiete vorzugsweise hervorragenden Chemiker nur darauf gerichtet war, die Lebenserscheinungen der Pflanzenwelt vom chemischen Standpunkte aus zu erklären, so drängte doch die natürliche Neigung von selbst dahin, die gewonnenen wissenschaftlichen Resultate nach ihrer nützlichen Seite zu verfolgen, und fast unbewußt geschah der Uebergang aus der pflanzenphysiologischen Chemie in die Agriculturchemie.

Es ist begreiflich, daß bei einer in stetem Steigen begriffenen Zunahme der Bevölkerung, bei einer fortwährend weiter getriebenen Zerstückelung des Grundbesitzes, bei den mehr und mehr in die Höhe

gehenden Preisen der Lebensmittel, in den verschiedensten Schichten der Gesellschaft jedes Wort mit gespannter Aufmerksamkeit aufgenommen werden mußte, das über die wichtigsten aller Lebensfragen, über die der Ernährung, neuen Aufschluß, neue Quellen zu gewähren versprach.

Keine menschliche Beschäftigung hat sich so lange der theoretischen Auffassung, der wissenschaftlichen Unterstützung entzogen gehalten wie die Landwirthschaft. Vergleichen wir z. B. den wunderbaren Umschwung, welchen alle mechanischen Gewerbe, sowie das Verkehrswesen durch die Entwickelung der Mechanik erhalten haben, so erscheint der Ackerbau als gänzlich unberührt geblieben, inmitten einer allgemeinen Bewegung. Ja, man betrachtete die Landwirthschaft geradezu als den Gegensatz der Industrie, als das „Tabu", das unnahbare Gebiet für die wissenschaftliche Auffassung, für den theoretischen Calcul.

Dem dunkeln Schos der heil'gen Erde
Vertraut der Sämann seine Saat,
Und hofft, daß sie entkeimen werde,
Zum Segen nach des Himmels Rath.

Worte des Dichters, die, wie es nur ihm als neidenswerthe Gabe verliehen ist, den treffenden Ausdruck des Gesammtgefühls und der allgemeinen Anschauung darstellen, welche über Pflanzenwachsthum verbreitet war und im wesentlichen noch ist.

Die Erde, ein heiliges Dunkel — der Sämann, vertrauend und hoffend — das Gedeihen, dem Himmel anheimgegeben!

Wohl mögen wir niemals des Himmels Segen entbehren. Allein das geheimnißvolle Dunkel der Erde beginnt sich aufzuhellen. Der Landmann soll nicht fürder den Samen in die Erde und die Hände in den eigenen Schos legen: er soll berechtigt werden, mehr zu erwarten als zu hoffen, mehr zu berechnen als zu vertrauen.

Diese Sicherheit und Bewußtheit aber soll der Landwirthschaft durch die Wissenschaft verliehen werden und zwar zum großen Theile durch die Chemie.

Ein Rückblick auf unsere frühere geschichtliche Entwickelung dieser Wissenschaft zeigt, daß es der Chemie der Gegenwart vorbehalten blieb, an eine Lösung der mit dem Pflanzenleben verknüpften chemischen Fragen zu gehen, daß erst vom Augenblicke an, wo die chemische Analyse, namentlich auch der organischen Körper, die jetzige Stufe der Vollkommenheit erreicht hatte, überhaupt deren Erörterung möglich war. Die nothwendige Ergänzung der chemischen Untersuchungen erfolgte gleichzeitig durch die von ausgezeichneten Botanikern ausgehende Bewegung, welche von den wichtigsten Entdeckungen im Gebiete der Anatomie und Physiologie der Pflanze begleitet war. Wage und Mikroskop bezeichnen den Wendepunkt auch in der Agriculturgeschichte.

Fragen wir nun: ist die Wissenschaft wirklich in ihren Resultaten so weit vorangeschritten, daß ihr das Pflanzenleben als völlig aufgeklärtes Bild vorliegt; ist dieselbe daher im Stande, der Landwirthschaft mit Sicherheit den bei ihren verschiedenen Culturen einzuschlagenden Weg vorzuzeigen; hat sie bereits Erfolge erzielt, welche den Landmann von ihrem mächtigen und wohlthätigen Einfluß überzeugen? — so lassen sich diese Fragen nicht unbedingt beantworten, wenn sie auch im allgemeinen bejaht werden dürfen.

Die Chemie glaubt allerdings die wichtigsten Bedingungen des Pflanzenlebens aufgeklärt zu haben, wenn auch in untergeordneten Fragen noch verschiedene Ansichten sich geltend zu machen suchen; sie hegt namentlich die Ueberzeugung, daß sie im Besitz der richtigen Methode ist, das Leben der Pflanze zu controliren, deren consequente Verfolgung nothwendig eine befriedigende Lösung aller weitern Fragen herbeiführen muß. Die unmittelbare Uebertragung der theoretisch gewonnenen Einsicht auf die praktischen Zwecke des Ackerbauers hat sich indessen noch wenig erfolgreich erwiesen. Es gilt hier genau dasselbe, was wir so ausdrücklich über die Verbindung von Industrie und Wissenschaft an einer frühern Stelle gesagt haben. Der Uebergang wird nur in seltenen Fällen ein unmittelbarer sein: eine Vermittelung zwischen beiden ist durchaus nothwendig. Es kann ebenso wenig als die Aufgabe des Mannes der Wissenschaft gelten, einen Zuckerrübendünger zu componiren, als er sich

damit zu beschäftigen hat, Recepte für Färber und Seifensieder zu verabfolgen. Die Principien der Chemie müssen in der Landwirthschaft durch die Landwirthe selbst geprüft, bewährt, benutzt und nach allen Richtungen hin ausgebreitet werden.

Allein hierin liegt eben die Schwierigkeit. Das rechte verbindende Glied fehlt und fehlt besonders in Deutschland und Frankreich, wo ein fast durchgehend zersplitterter Grundbesitz den Ackerbau den Händen der ungebildeten Masse überlieferte, die weder Zeit, noch Mittel, noch Boden dem Versuche zu opfern im Stande ist; wo namentlich jene Klasse reicher und gebildeter Grundherren spärlich anzutreffen ist, die in England mit besonderer Vorliebe dem Landbau und der Viehzucht sich zugewendet hat. Daher auch die auffallende Erscheinung, daß, während die Theorie der Landwirthschaft von den Gelehrten Deutschlands und Frankreichs fast ausschließlich ihre neueste Entwickelung erhielt, dieselbe doch in England die eingreifendste Wirkung auf die Praxis hervorgerufen hat.

Der Einfluß der Chemie wird allerdings nicht jene Wunder bewirken können, die ein überschwenglicher Enthusiasmus sich davon erträumt, der nur Misachtung der chemischen Lehren hervorgerufen hat, wie beides in einer bekannten Anekdote ganz treffend veranschaulicht wird. „Wissen Sie", ruft der Enthusiast, „daß man künftig in einer Westentasche den Dünger für einen ganzen Morgen hinaustragen wird?" — „O ja", erwiderte der Skeptiker, „und in der andern Westentasche die Ernte nach Hause!"

Der Segen, welchen die Mitwirkung der chemischen Principien in der Landwirthschaft zu gewähren berufen ist, wird nur allmählich bis zur kleinen Landwirthschaft sich verbreiten. Die Chemie muß zunächst in der Klasse der größern Landwirthe sich ein Contingent bilden, das, mit chemischen Kenntnissen ausgerüstet, im Stande ist, für die von der Wissenschaft gegebenen bedeutungsvollen Fingerzeige die praktische Methode der Agricultur aufzufinden. Nur mit solchen ist eine Verständigung in den schwebenden Fragen zu erreichen; nur diese sind im Stande, Versuche anzustellen und Erfahrungen zu sammeln, welche über die gemeine tagtägliche Wahrnehmung hinausgehen und zur Begründung wissenschaftlicher Prin-

cipien von Werth sind. Der größere Landwirth ist auch ohnehin schon der chemischen Beihülfe gewohnter. Allerwärts sehen wir mit dem ausgedehntern Betriebe der Oekonomie die sogenannten landwirthschaftlichen Gewerbe verbunden, wie die Branntweinbrennerei, Bier- und Essigbereitung, die Zuckerfabrikation und andere mehr, auf deren erfolgreichen Betrieb die Chemie einen so unverkennbar bedeutenden Einfluß ausgeübt hat, daß von hier aus am sichersten das Vertrauen zu gewinnen ist, diese Wissenschaft werde auch in Verfolgung der übrigen landwirthschaftlichen Aufgaben sich segensreich bewähren.

Das Gesammtergebniß aller Forschung im Gebiete des Pflanzenlebens von chemischer Seite, welches die Grundlage aller praktischen Folgerungen macht, erscheint nun concentrirt in den folgenden drei Gesetzen:

Die Pflanze erzeugt keinen Stoff, sie bildet nur den aufgenommenen um.

Die verbrennlichen Pflanzenbestandtheile, Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, können der Pflanze vollständig von der Atmosphäre geliefert werden.

Die unverbrennlichen Pflanzenbestandtheile, welche als Asche beim Verbrennen einer Pflanze zurückbleiben, sind wesentliche Bestandtheile derselben und werden als die fixen oder mineralischen Pflanzenbestandtheile bezeichnet.

Das erste dieser Gesetze enthält zwar eine nur negative Bestimmung, welche jedoch von der größten Wichtigkeit ist. Es mußte zuerst durch die mühsamsten und genauesten Untersuchungen auf das überzeugendste nachgewiesen werden, daß in der Pflanze selbst keine der elementaren Stoffe, die ihre Masse ausmachen, erzeugt werden, daß diese nothwendig von außen gegeben sein müssen. Nachdem der Glaube und theilweise Aberglaube an eine wunderbar schaffende Lebenskraft in der Pflanze gründlich beseitigt war, konnte mit Sicherheit zur Feststellung der übrigen Gesetze fortgeschritten werden.

Die verbrennlichen Pflanzenbestandtheile bilden dem Gewichte nach die Hauptmasse der Pflanzen. Verbrennen wir 100 Pfund Eichenholz, so erhalten wir nur $2\frac{1}{2}$ Pfund Asche. Bei andern Pflanzen, namentlich manchen Culturpflanzen, wie Kartoffeln und Taback, bleibt ein größerer Aschenrückstand; allein er beträgt im höchsten Falle doch nur einige Procente vom Gewichte der grünen Pflanze. Demnach sind Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff die elementaren Stoffe, aus welchen die Pflanze sich auferbaut, die sie jedoch in sehr ungleichen Gewichtsverhältnissen verwendet. Die anatomische Untersuchung zeigt uns, daß der ganze Körper einer jeden Pflanze aus einer unendlichen Anzahl mikroskopisch kleiner Zellen zusammengesetzt ist, die zusammen das Zellgewebe bilden, was gemeinhin die Pflanzenfaser, vom Chemiker Zellstoff (Cellulose) genannt wird. Chemisch betrachtet besteht dessen Substanz aus 44,5 Procent Kohlenstoff, 49,5 Procent Sauerstoff und 6 Procent Wasserstoff. Zur Bildung von Zellstoff muß daher die Pflanze auf je 44 Gewichtstheile Kohlenstoff 49 Gewichtstheile Sauerstoff und 6 Gewichtstheile Wasserstoff aufnehmen.

In allen Zellen trifft man einen Inhalt, der bei den ältern meist aus eingetrocknetem Zellsaft, bei andern aus dem grünen Farbstoff der Blätter oder aus Stärkekörnchen, endlich bei den jüngern der Hauptmasse nach aus einer wässerigen Flüssigkeit besteht. In diesem Zellsafte sind je nach den verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen mannichfaltige Stoffe, wie Zucker, Gummi, Säuren, Salze, Farbstoffe und eiweißartige Stoffe aufgelöst. Von diesen sind die letztern allein stickstoffhaltig, sodaß der Gesammtstickstoffgehalt einer Pflanze im Vergleich zu ihren übrigen Bestandtheilen nur sehr gering erscheint. In dem getrockneten Klee sind z. B. nur zwei Procent Stickstoff enthalten.

So weit mit den analytischen Resultaten über die verbrennlichen Pflanzenbestandtheile. Nun noch einige nothwendige Andeutungen über die Lebensverrichtungen der Pflanze. Dieselbe bietet den im Boden befindlichen Nahrungsstoffen zur Aufnahme keine Oeffnungen dar, vergleichbar dem Munde eines Thiers. Auch saugt sie Flüssigkeiten nicht in der Weise auf, wie etwa ein Docht aus

Baumwollfaser im Stande ist, durch die Haarröhrchenanziehung Oel oder Wasser aufzusaugen. Vielmehr bestehen die Enden selbst der feinsten Wurzelfasern aus häutigen, ringsum vollständig abgeschlossenen Zellen, und ernährende Stoffe gelangen nur auf die Weise ins Innere der Pflanze, daß dieselben, in Wasser gelöst, jene zarte Zellwandung durchdringen. Die aufgenommene Flüssigkeit tritt in die benachbarte Zelle über, und dann, von Zelle zu Zelle weiter, verbreitet sie sich nach allen Richtungen bis zu den äußersten Spitzen der Pflanze.

Außer der eben beschriebenen Aufnahmefähigkeit der Wurzel kommt eine solche auch noch den außerhalb der Erde befindlichen, grünen Theilen der Pflanze, insbesondere den Blättern zu. Dieselben sind mit unzähligen mikroskopischen Oeffnungen, den sogenannten Spaltöffnungen versehen, durch welche den Bestandtheilen der Atmosphäre der Zutritt ins Innere der Pflanze gestattet wird und durch welche allerdings in manchen Fällen die Haupternährung derselben vor sich geht.

Als allgemein gültiges Gesetz ergibt sich aus dieser anatomischen Betrachtung, daß die Nahrungsmittel der Pflanze im Moment ihrer Aufnahme in flüssigem oder luftförmigem Zustande sich befinden müssen.

Gehen wir nun nach diesen Vorbemerkungen zu den praktischen Folgerungen über, welche sich aus den oben genannten drei Gesetzen bisjetzt ergeben haben.

Der Satz: „Die Pflanze erzeugt keinen Stoff, sie bildet nur den aufgenommenen um", hat, wie bereits angedeutet, für die praktische Landwirthschaft insofern eine besondere Wichtigkeit, als sie der Pflanze und dem Boden jede Wunderkraft, jede geheimnißvolle, nicht controlirbare Erzeugungsfähigkeit ein und für allemal benimmt. Wir sehen uns hierdurch gezwungen, die chemischen Bestandtheile der cultivirten Pflanze einerseits und andererseits die ihrer Umgebung, der Atmosphäre und des Bodens, aufs genaueste zu untersuchen — eine Arbeit, aus welcher die beiden folgenden Gesetze hervorgegangen sind.

Ein ungemeines Aufsehen erregte die Verkündigung des zweiten

Gesetzes: „Die verbrennlichen Pflanzenbestandtheile, Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, können der Pflanze vollständig aus der Atmosphäre geliefert werden", und es knüpfte sich an die hieraus gezogenen Consequenzen ein mit der größten Lebhaftigkeit, ja mit Erbitterung geführter Streit, theils der Theoretiker untereinander, theils der Theoretiker und Praktiker, dessen Losungswort die sogenannte Humustheorie geworden ist. Wir bemerken, daß derartige Streitigkeiten nicht nur die Theilnahme, sondern auch das Mistrauen des zuwartenden Publikums zu erregen vermögen.

„Die Pflanze lebt von Luft", wenigstens der Hauptsache nach, so lautete, in gemeinverständlichem Ausdruck gegeben, das neue Gesetz. Wem mußte nicht diese Behauptung, welche das Vegetabil von der Scholle zu emancipiren scheint, im höchsten Grade überraschen?

Nach altherkömmlicher Vorstellungsweise ist es die Erde, welche den Wurzelfasern der Pflanze ihre Nahrung reicht. Eine allgemeine Erfahrung zeigt, daß der angebaute Boden, das Ackerland, die Gartenerde, ferner die in Wäldern aus der Verwesung abgefallener Blätter hervorgegangene Walderde der Vegetation sich bei weitem günstiger erweisen als der rohe, uncultivirte Boden. Sie lehrt ferner, daß die Unterbringung verwesender Pflanzen- und Thierstoffe in der Erde, wie es beim Düngen geschieht, die Ernährungsfähigkeit derselben ungemein erhöht. Alle oben genannten Bodenarten unterscheiden sich vom wilden Boden durch eine dunklere, mitunter bis ins Schwarze gehende Farbe. Diese Färbung rührt her von den in der Erde in Zersetzung begriffenen Pflanzenstoffen, eine Zersetzung, die eine Art von langsamer Verkohlung genannt werden kann, da aus solchen Pflanzenstoffen allmählich Wasserstoff und Sauerstoff austreten, wodurch ihr Kohlenstoffgehalt und somit ihre dunklere Färbung fortwährend zunimmt. Diese vermodernde, kohlige Pflanzenmasse hat den Namen „Dammerde" oder „Humus" erhalten, daher denn humusreicher Boden zunächst durch seine schwarze Färbung sich auszeichnet. Wird derselbe ausgeglüht, so verbrennen seine kohlehaltigen Bestandtheile und die entsprechende

Farbe verschwindet. Man bedient sich dieses Mittels, um den Gehalt verschiedener Bodenarten an Humus zu bestimmen.

Man hat nicht selten Gelegenheit, das Verhältniß der Cultur zum Urboden durch den Humus graphisch dargestellt zu sehen, wie z. B. bei Einschnitten einer Eisenbahnanlage in sehr wohl cultivirtes Acker- und Gartenland, deren Urboden ein blaßgelblicher Löß ist, welcher durch geringe Beimischung humoser Substanz schon einen dunklern Ton annimmt. Gleich einer vom tiefsten Dunkel ins Helle verwaschenen Sepiaschattirung sieht man der obersten humusreichsten Erdschicht an die Farbe nach unten allmählich lichter werden und in der Tiefe von zwei Fuß in der Regel schon gänzlich in die des Urbodens sich auflösen.

Der günstige Einfluß des Humus ist in den Augen der Praxis so entschieden, daß der Blumen- und der Gemüsegärtner, oft zu hohen Preisen, sich die schwarze Wald- oder Heideerde zu verschaffen sucht; daß der Landwirth Kosten und Arbeit nicht scheut, um von Grundstücken, welche zu Straßen- oder Eisenbahnanlagen bestimmt sind, die oberste humusreiche Schicht abzuschälen, um sie auf seine Felder zu bringen; daß endlich der Forstwirth einen beständigen Kampf gegen das Wegführen des abgefallenen Laubes aus seinen Waldungen führt, weil er den aus deren Zersetzung hervorgehenden Humus für den Holzzuwachs besonders wichtig und förderlich hält.

Die nähere chemische Untersuchung dieser schwarzen Humussubstanz ergibt, daß dieselbe an sich in Wasser nicht löslich ist, daher von Pflanzen nicht unmittelbar aufgenommen werden kann. Mit Alkalien, insbesondere mit Ammoniak behandelt, gibt jedoch der Humus braungefärbte Lösungen, die als Verbindungen von Humussäure mit jenen Alkalien angesehen werden, und diese humussauern Salze sind nach Ansicht der Anhänger der Humustheorie das Hauptnahrungsmittel der Pflanze.

Vernehmen wir nun die Gegner der Humustheorie. Dieselben beginnen die Erörterung mit der historischen Vorfrage: „Woher stammt der Humus?“ Antwort: „Von verwesenden Pflanzen.“ — Weitere Frage: „Woher stammen diese?“ Hier beginnt die Ver-

legenheit der Humusfreunde. Es muß zur Begründung ihrer Theorie ein Urhumus angenommen werden, der bereits vorhanden war, als die Erde mit ihrer erſten Vegetation ſich zu bedecken anfing. Allein eine ſolche Annahme iſt in dem entſchiedenſten Widerſpruch mit der geologiſch unwiderlegbar feſtgeſtellten Thatſache, daß die Erdmaſſe aus einem feurig-flüſſigen Zuſtande hervorgegangen, daß ſie eine erſtarrte Lava iſt, in welcher keine ſolche kohlehaltigen, humusartigen Stoffe vorhanden ſein konnten, als ſie allmählich erkaltend mit einer Pflanzenbedeckung ſich zu bekleiden begann.

Dieſe erſte Pflanzendecke, dieſes jugendliche grüne Feſtkleid, mit welchem die Erde zum erſten mal ſich ſchmückte, woher iſt es genommen? Hier bleibt kein Ausweg. Die Erde konnte damals keine humusſauern Salze liefern, ſo wenig als zermahlene Ziegel, Schlacke oder Lava dies zu thun im Stande ſind. Aus der Atmoſphäre wurden die Hauptelemente der Pflanze, der Kohlenſtoff, Sauerſtoff, Waſſerſtoff und Stickſtoff hergenommen, wo dieſelben als Kohlenſäure, Waſſerdampf und Ammoniak von jeher in ſo ausreichender Menge vorhanden waren, daß dieſe ſelbſt für eine Vegetation genügen könnte, die ſowol über die unbewachſenen Polarregionen und Wüſten als auch über die ungeheuern Oceane ſich erſtrecken würde.

Allein außer dieſem auf vormenſchliche Verhältniſſe gegründeten Schluß können wir noch Thatſachen anführen, die täglich unter unſern Augen vorgehen und ebenſo unwiderleglich beweiſen, daß die Luft das Hauptmagazin für die genannten Ernährungsſtoffe der Pflanzen iſt. Von den durch zahlreiche Heerden beweideten Alpen nehmen dieſe fortwährend Gras und Kräuter als friſches Futter und Heu hinweg. Hiervon wird nur ein geringer Theil als Excrement der Alpe wiedergegeben — im Winter, wo das Vieh in die Thäler zurückgezogen iſt, gar nichts, während man doch Jahr für Jahr viele tauſend Centner Käſe, Butter und Fleiſch ausführt. Woher nun erſetzt die Alpenvegetation dieſen fortwährenden Abgang? Hier iſt keine andere Quelle denkbar als die Atmoſphäre.

Eine ganz ähnliche Betrachtung läßt ſich übrigens auch bei jeder unſerer nur durch Berieſelung in üppigſter Graserzeugung

erhaltenen Wiesen anstellen, von der wir fortwährend Heu ausführen, ohne derselben irgendeinen Ersatz an organischer Substanz zu bieten. Die Wälder, ohne jemals Dünger zu erhalten, vermehren fortwährend durch ihre abfallende Blättermasse den Humusgehalt ihres Bodens.

Das Angeführte berechtigt daher vollständig zu dem Schluß: die Pflanze stammt nicht von dem Humus her, vielmehr ist der Humus ein Erzeugniß der Pflanze, die dessen Bestandtheile aus der Luft assimilirt hat.

Ueberdies haben auch vielfache Versuche im kleinern und größern Maßstabe die Möglichkeit dargethan, daß Pflanzen in gänzlich humusfreier Erde, z. B. in reinem Quarzsand, Glaspulver, Ziegelmehl u. dgl., Entwickelung gebracht werden können.

So gelangen wir denn zu auffallenden Widersprüchen, indem die Nützlichkeit des Humus für die Vegetation, gleich darauf aber seine Entbehrlichkeit nachgewiesen wird. Die Lösung dieses Widerspruchs ist der Gegenstand eines mit großer Lebhaftigkeit geführten Streits zwischen den Anhängern und Gegnern der Humustheorie; ein Streit, der weniger in den zu Grunde liegenden Thatsachen als in dem Ausdruck seine Veranlassung gefunden hat, welchen jede Partei ihrer Ansicht gab. Beide sind in dieser Hinsicht zu weit gegangen und daher der ganze Conflict. Statt den Humus als ein Nahrungsmittel zu erklären, hätten seine Verehrer sich darauf beschränken sollen, den Einfluß desselben nur etwa in Form des folgenden Gesetzes auszusprechen: „Die Anwesenheit des Humus ist der Vegetation der Culturpflanzen entschieden günstig.“ Wenn andererseits die Richtigkeit der Behauptung, wonach alle verbrennlichen Pflanzenbestandtheile ihren ersten Ursprung aus der Atmosphäre haben, eingeräumt werden muß, so ist doch die im Enthusiasmus hieraus entwickelte Folgerung, daß die Anwesenheit des Humus unwesentlich für die Vegetation der Culturpflanzen sei, unvereinbar mit der begründetsten Erfahrung und daher keineswegs richtig. Anstatt auszusprechen: „Die Pflanze nimmt allen Kohlenstoff u. s. w. nur aus der Atmosphäre und ist in dieser Beziehung ganz unabhängig vom Boden“, wäre namentlich im Hinblick auf

die Culturpflanze gewiß der Ausdruck angemessener gewesen, den wir früher als Gesetz angeführt haben, nämlich: „Der Pflanze kann aller Kohlenstoff u. s. w. aus der Atmosphäre geliefert werden.“ Hiermit ist nicht gesagt, daß er unter allen Umständen dorther genommen werden muß.

Es ist in den letzten Sätzen dieser Erörterung wiederholt der Ausdrucks „Culturpflanze“ vorgekommen und in eine Art von Gegensatz zur Pflanze überhaupt gestellt worden. Es bedarf derselbe umsomehr einiger Erläuterung, als die Nichtbeachtung dessen sicher dazu beigetragen hat, unnöthigerweise Streitigkeiten und Widersprüche in der Ernährungslehre der Pflanzen hervorzurufen. Unter Culturpflanzen haben wir solche Pflanzen zu verstehen, die keineswegs um ihrer Totalität willen, sondern nur besonderer Qualitäten wegen angebaut oder gehegt werden. Das Bestreben der Cultur geht nicht dahin, eine gewisse Pflanze in allen ihren Theilen in höchster Vollkommenheit zu erziehen, sondern es ist lediglich darauf gerichtet, einzelne Theile derselben, die besonders nutzbar sind, möglichst reichlich zur Entwickelung zu bringen: an der Kartoffelstaude möglichst viele und stärkemehlreiche Knollen; die Runkelrübe höchst umfang- und zuckerreich; den Weizen von größter Körnerzahl und größtem Körnergewicht u. s. w. Dies erscheint als die Aufgabe der Cultur. Eine Folge des dahin gerichteten Bestrebens ist eine unnatürliche, monströse Entwickelung gewisser Pflanzentheile, wie z. B. bei allen gefüllten Blumen die Staubfäden in Blumenblätter sich umwandeln, wie beim Blumenkohl alle Blütentheile in eine weiße Masse degeneriren und anderes mehr. Daß die einseitige Herausbildung solcher einzelner Pflanzentheile auf Unkosten anderer geschieht, daß hierdurch die Pflanze selbst in einen unnaturgemäßen Zustand versetzt wird, unterliegt keinem Zweifel.

Wir wollen aber bei unsern Culturgewächsen nicht allein gewisse Eigenschaften in möglichst hohem Grade ausbilden, sondern auch eine möglichst weitgehende Verbreitung der Culturpflanze erzielen. Hierdurch tritt dieselbe ganz besonders in Verhältnisse, die sehr verschieden sind von denen der wild wachsenden Pflanze. Die letztere erscheint immer am rechten Orte, d. h. immer da, wo die

Bedingungen ihrer Existenz ausreichend gegeben sind, und verschwindet alsbald, wo diese aufhören oder nicht angetroffen werden. Die Culturpflanze hat nicht diese scheinbare Wahl ihres Platzes. Wir wollen auf demselben Boden nacheinander Getreide, Mohn, Flachs, Taback, Klee, Raps, Hanf, Kartoffeln und Rüben bauen, alles in ausgezeichneter Weise: Pflanzen, von welchen nach dem naturgemäßen Verhältnisse kaum eine oder die andere im wilden Zustande auf dem gewählten Gebiete sich erhalten würde.

Während es uns daher nicht in den Sinn kommt, den Wäldern und Wiesen Humus zuzuführen, da die Vegetation derselben am naturgemäßen Orte und in naturgemäßer Zeit ihren Verlauf zu nehmen hat, während andere Pflanzungen, wie Klee und die Getreidearten, diesem Verhalten sich annähernd den Humusgehalt des Bodens vermehren und von dessen Anwesenheit wenig abhängig sind, scheint es, daß das Vorhandensein des Humus den Gewächsen um so förderlicher ist, je weiter dieselben sich in ihren durch die Cultur verliehenen Eigenthümlichkeiten von dem Charakter der wilden Pflanze entfernen. Am auffallendsten tritt dies bei den Küchengewächsen hervor. Den verschiedenen Sorten des Kohls, diesen merkwürdigen Entartungen einer und derselben Pflanze, ferner dem Salat, der Gurke, der Melone und andern mehr erweist sich der humusreiche Boden entschieden günstig, ja unentbehrlich zu möglichst rascher und üppiger Entwickelung.

Die Versöhnung der widerstreitenden Ansichten über den Antheil des Humus an der Pflanzenernährung liegt nun in dem Folgenden. Der Humus ist allerdings direct kein Nahrungsmittel der Pflanzen; indirect kann er jedoch höchst förderlich auf dieselben einwirken, indem hierbei nicht allein chemische, sondern auch physikalische Verhältnisse ins Spiel kommen, die für das Gedeihen der Pflanze von höchster Wichtigkeit sind. Der Humus ist eine im hohen Grade hygroskopische Substanz, d. h. er zieht Wasser mit Begierde an und hält es zurück. In dieser wasserhaltenden Eigenschaft steht er dem Thon am nächsten und übertrifft dagegen alle übrigen Bodenarten. Hieraus läßt sich schon eine günstige Wirkung desselben erklären, da Feuchtigkeit ein für die Pflanzenentwickelung so wich-

tiges Moment iſt. Allein gleich allen kohlenartigen Körpern hat er in hohem Grade auch das Vermögen, Gasarten, wie z. B. Kohlenſäure und Ammoniak, aus der Atmoſphäre aufzuſaugen; und da der Humus, ſelbſt in fortwährender Zerſetzung begriffen, Kohlenſäure entwickelt, ſo befindet ſich die in demſelben verbreitete Wurzelfaſer in einem Magazin, das ihr jederzeit im Ueberfluß nicht nur Waſſer, ſondern auch Kohlenſäure und Ammoniak zu bieten vermag: jene Körper alſo, aus welchen die Pflanze ihre verbrennlichen Beſtandtheile, den Kohlenſtoff, Sauerſtoff, Waſſerſtoff und Stickſtoff hernimmt. Erwägen wir ferner, daß durch die von der Einwirkung des atmoſphäriſchen Sauerſtoffs im Humus fortwährend vorgehende chemiſche Zerſetzung ſtets eine entſprechende Wärmeentwickelung ſtattfindet, daß er durch ſeine dunkle Farbe dem Boden eine größere Fähigkeit verleiht, die Wärmeſtrahlen der Sonne aufzunehmen, daß er endlich durch ſeine lockere Beſchaffenheit der Wurzelfaſer eine ungemeine Erleichterung ihrer Verbreitung im Boden darbietet, ſo reichen dieſe Thatſachen gewiß hin, um den vortheilhaften Einfluß des Humus auf die Vegetation zu erklären, ohne daß er deshalb ein Nahrungsmittel der Pflanze genannt zu werden braucht.

Fragen wir nun nach den praktiſchen Anwendungen, die aus dem Geſagten für die Landwirthſchaft hervorgehen, ſo beſchränken ſich dieſelben auf ein ſehr allgemeines Reſultat, das ſich in folgender Weiſe darſtellt: Unterwerfen wir ein beſtimmtes Culturland, z. B. einen Morgen Ackerfeld, eine Reihe von Jahren hindurch einer ſorgfältigen Beobachtung in der Weiſe, daß die Zufuhr und Ausfuhr an organiſchen Stoffen einer genauen Controle unterliegt, ſo ergibt ſich unfehlbar, daß das Gewicht der ausgeführten organiſchen Stoffe bei weitem das Gewicht der eingeführten übertrifft. Ein gutes Ackerfeld in der Umgebung von Worms pflegt nur alle ſieben Jahre einmal gedüngt zu werden, das weniger gute Land alle fünf Jahre. Dieſer Dünger iſt die Zufuhr an organiſcher, humusbildender Subſtanz. Allein in den fünf bis ſieben Jahren werden von jenem Felde ebenſo viele Haupternten von Raps, Kartoffeln, Weizen, Klee und Gerſte, ſowie noch einige Zwiſchenernten von

weißen Rüben entnommen, welche die Ausfuhr bilden. Vergleichen wir nun das Gewicht des im Dünger Zugeführten mit dem des Ausgeführten, so übertrifft der letztere Werth den erstern um das Mehrfache, und wir können mit Sicherheit hieraus den Schluß ziehen, daß unsere Ernten ihren Gehalt an organischer Substanz, d. h. an Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, nicht dem Dünger verdanken. Ja, eine weitergehende Untersuchung würde zeigen, daß die in den meisten Fällen in dem Boden zurückbleibenden Wurzeln der genannten Anpflanzungen demselben mehr organische Substanz einverleiben, als dies durch jene einmalige Düngung geschehen ist.

Wenn nun aber der Dünger in Beziehung auf die seither wiederholt angeführten organischen Bestandtheile der Pflanzen erwiesenermaßen von so untergeordnetem Werth, ja geradezu unwesentlich erscheint, wozu dient denn derselbe überhaupt, und worin besteht denn seine unleugbare Wirksamkeit?

Mit dieser Frage sind wir an den Angelpunkt der chemischen Theorie der Pflanzenernährung angekommen; von hier aus beginnen die Antworten des Chemikers, die seither fast nur negativer Natur waren, einen positiven Charakter anzunehmen.

Was ist der Dünger? worin besteht seine Wirksamkeit? wie erklärt es sich, daß eine einzige Düngung auf eine Reihe von vier bis zehn Jahren ausreicht, während in andern Fällen eine jährliche Düngung erforderlich ist? Die widersprechendsten Thatsachen und Erfahrungen liegen vor: sie sind es, welche die Beantwortung jener Fragen zu einem dunkeln Räthsel machen, und dieses zu lösen vermag die Landwirthschaft allein an der Hand der Chemie.

Es ist jetzt der Augenblick gekommen, wo wir uns des dritten, über die Pflanzenernährung früher aufgestellten Grundgesetzes zu erinnern haben. Dasselbe lautete: „Die unverbrennlichen Pflanzenbestandtheile, welche als Asche beim Verbrennen einer Pflanze zurückbleiben, sind wesentliche Bestandtheile derselben und werden die fixen oder mineralischen Pflanzenbestandtheile genannt.

Es währte lange, bis man dem beim Verbrennen der Pflanze

bleibenden Rückstand, der sogenannten Asche, eine Aufmerksamkeit widmete, derart, daß man dieselbe zum Leben der Pflanze in eine bestimmte und zwar nothwendige Beziehung zu bringen begann. Obgleich schon im Alterthum die Anwendung der Asche zum Waschen und selbst zur Anfertigung der Pottasche und Seife bekannt war, so finden wir doch nirgends eine Vorstellung darüber ausgesprochen, woher die Asche stamme. Die Alchemisten hielten dieselbe für das Product der Pflanze, ja einige leiteten ihren Ursprung aus dem Feuer ab. Es war auch hier der neuern Zeit mit ihrer vervollkommneten analytischen Methode vorbehalten, genauere Thatsachen zu enthüllen.

Alle Pflanzen und Pflanzentheile hinterlassen beim Verbrennen einen Rückstand, die Asche, welche stets alkalische Eigenschaften hat und ein Gemenge verschiedener Bestandtheile ist. Nicht alle Vegetabilien hinterlassen aber gleiche Aschenmengen. Es geben z. B. 100 Pfund Tannenholz nur $^4/_5$ Pfund Asche, ebenso viel Eichenholz $2^1/_2$ Pfund; Weizenstroh $4^1/_2$ Pfund; trockenes Kartoffelkraut 15 Pfund. Auch die verschiedenen Theile ein und derselben Pflanze enthalten ungleiche Mengen von Aschenbestandtheilen. In der Regel sind die Blätter und die Rinde daran bei weitem reicher als Stamm und Wurzel. So erhält man aus 100 Pfund Tannennadeln 8 Pfund und aus gleichviel Eichenrinde oder Eichenlaub 8 — 9 Pfund Asche.

Wenn nun schon der Umstand, daß alle Pflanzen ohne Ausnahme Asche liefern, daß in verschiedenen Pflanzen oder Pflanzentheilen ungleiche, jedoch bestimmte Mengen von Aschenbestandtheilen angetroffen werden, auf eine gewisse nothwendige Beziehung zwischen diesen und der Pflanze hinweisen, so wird diese noch mehr hervorgehoben, wenn die Aschen verschiedener Pflanzen auch hinsichtlich ihrer Bestandtheile miteinander verglichen werden.

Wir wollen in dieser Beziehung nur einige der auffallendsten Beispiele anführen. Im Meere finden sich, mitunter in ungeheurer Verbreitung, eigenthümliche Pflanzen, die sogenannten Tange; am Meeresufer, auch in der Nähe von Salinen des Binnenlandes, wachsen die sogenannten Salzkräuter. Werden diese Pflanzen ver-

brannt, so hinterlassen sie eine Asche, die hauptsächlich Soda enthält, und in früher Zeit wurde alle Soda auf diese Weise gewonnen. Die Asche des Buchenholzes, der Kartoffel, der Runkelrübe ist vorzüglich durch ihren großen Gehalt an Kali ausgezeichnet; die Asche des Klees und des Erbsenstrohs durch Kalk, die des Weizen- und Gerstenstrohs durch Kieselerde; die Getreidekörner, namentlich die des Weizens, hinterlassen eine Asche, welche durch ihren Reichthum an phosphorsaurem Kalk ganz besonders merkwürdig ist.

Es kann zwar z. B. bei ein und derselben Getreideart einige Schwankung in ihrem Gehalt an phosphorsaurem Kalk stattfinden. Allein diese hält sich innerhalb gewisser Grenzen und es zeigt sich dabei namentlich, daß beim Weizen der geringere Gehalt an genanntem Bestandtheil stets auch von einer Verminderung des Körnerertrags und des Körnergewichts, also von einer Herabstimmung der Entwickelung der Pflanze begleitet ist.

Erwägen wir noch andere Thatsachen. Die oben erwähnten Salzkräuter finden wir nur an den Küsten des Meeres, soweit als die landwärts wehenden Winde die Salzflut verbreiten. Sie verschwinden dann gänzlich und tauchen plötzlich tief im Binnenlande in der Umgebung von Salinen wieder auf. Ginster und Heidekraut bedecken in reicher Vegetation ausgebreitete Sandflächen und verschwinden wie abgeschnitten, wo Kalk und Thon als Hauptbestandtheile des Bodens auftreten. Im Bereich des letztern trifft man wildwachsend den Türkischen Klee (Esparsette, Onobrychis) verbreitet, welchen wir vergeblich in kieselreicher Erde, unter Heide und Ginster aufsuchen werden. Versetzen wir die genannten Pflanzen in die von ihnen gemiedenen Gebiete, so fristen sie ein kümmerliches Dasein und gehen über kurz oder lang zu Grunde.

Wird uns aus diesen durch Tausende von Analysen und Beobachtungen bestätigten Erscheinungen nicht ein Verhältniß der Abhängigkeit der Existenz gewisser Pflanzen von gewissen Bestandtheilen ihrer Asche, sowie des Bodens, auf dem sie vegetiren, auf das Klarste bewiesen!

Sowie wir das Huhn und die Taube kleine Kalksteinchen ver-

schlingen und den Mörtel abpicken sehen, damit ihnen das Material zur Bildung der Eierschalen nicht abgeht, sowie der Mensch in seinen Speisen unbewußt nach Kochsalz lechzt, das zur Bildung seiner Verdauungsflüssigkeiten ihm nothwendig ist, sowie derselbe mit jedem Bissen Brot und Fleisch kleine Mengen von phosphorsaurem Kalk aufnimmt, um daraus die Masse seiner Knochen, dieses feste Gerüste des Körpers, aufzuerbauen, ebenso bedarf die Pflanze gewisser mineralischer Stoffe, die sie in ihre Masse aufnehmen, die sie zur Ausbildung ihrer Organe und ihrer Säfte verwenden muß. Durch diese mineralischen Stoffe ist die Pflanze abhängig vom Boden; fehlen sie diesem, so wird dieselbe nicht aufkommen, auch wenn alle übrigen Bedingungen ihres Gedeihens aufs Ausreichendste gegeben sind. Wollen wir in unserm Ackerboden Culturpflanzen der verschiedensten Art erziehen, welchen die verschiedensten mineralischen Stoffe ein Bedürfniß sind, so wird uns dies nur gelingen, wenn das Erdreich alle jene Stoffe in hinreichender Menge enthält, oder indem wir dieselben dem Boden zuführen. Diese Zufuhr an mineralischen Nahrungsmitteln der Pflanze geschieht durch den Dünger.

Die ganze Ernährungsgeschichte der Pflanze, die eigentlichste Aufgabe der Landwirthschaft, dreht sich hiernach um die folgenden drei Fragen: Welches sind die mineralischen Pflanzenstoffe im allgemeinen und bestimmter Culturpflanzen insbesondere? Welche dieser Bestandtheile sind in dem gegebenen Culturboden hinreichend und in geeigneter Weise vorhanden? Woher und in welcher Form nehmen wir am vortheilhaftesten die dem Boden fehlenden oder entzogenen Stoffe, um sie demselben einzuverleiben?

Man hat bisjetzt die Aschen der verschiedensten Pflanzen untersucht und darin die folgenden Bestandtheile aufgefunden: Kali, Natron, Kalk, Bittererde, Kieselerde, Schwefelsäure, Phosphorsäure und Chlorkalium. Dieselben fehlen wol in keiner Asche. Außerdem finden sich noch sehr geringe Mengen von Eisenoxyd und Manganoxyd, die jedoch als unwesentlich anzusehen sind. In der Asche der Meerespflanzen ist dagegen noch das Jod als ein wichtiger Bestandtheil anzuführen.

Es wurden mehrfach Versuche angestellt, Pflanzen unter Umständen zu erziehen, wobei denselben keiner der genannten mineralischen Stoffe oder nur einer derselben geboten worden ist, indem man z. B. die Samen der leicht erziehbaren Kresse in reines Schwefelpulver oder reines Kohlenpulver säete. In diesem Falle entwickeln sich zwar die Pflanzen; allein sie sind unfähig, ihre vollkommene Ausbildung zu erreichen. Sie sterben ab, ohne Früchte anzusetzen, da ihnen die erforderlichen Stoffe abgehen. Aehnlich verhalten sich Pflanzen, die in reiner Kieselerde, Kalkerde u. s. w. aufgezogen werden. Sobald man jedoch von den obengenannten Bestandtheilen die erforderlichen hinzugefügt, so erreicht die betreffende Pflanze ihre vollendete Vegetation.

Bei den Thieren wissen wir ziemlich genau, wozu ihr Organismus die mit den Speisen aufgenommenen mineralischen Stoffe verwendet. Der phosphorsaure Kalk bildet die Knochen, das Kochsalz (Chlornatrium) geht in die Verdauungsflüssigkeiten, insbesondere in die Galle über, auch erscheint es als nothwendiger Bestandtheil des Knorpels, der kohlensaure Kalk findet sich wieder theils in den Knochen, theils in den Eiern der Vögel oder in den Gehäusen und Schalen der Conchylien und Krustenthiere.

Bei den Pflanzen haben wir weniger Gewißheit über die den mineralischen Stoffen für ihre Lebensverrichtungen zugetheilte Rolle. Einige derselben, insbesondere die Kieselerde, findet sich vorzüglich als Bestandtheil der Zellensubstanz; dieselbe scheint daher zu deren Ausbildung, zur Verstärkung der Zellwand nothwendig zu sein. Die Alkalien sind, meist mit Pflanzensäuren verbunden, in Form löslicher Salze in dem Zellsafte enthalten. Alle saftigen Theile der Rebe z. B. enthalten weinsaures Kali, die Ampferarten kleesauren Kalk. Der phosphorsaure Kalk erscheint hauptsächlich in den Samen enthalten.

Wie gering immer die Menge dieser mineralischen Stoffe an sich und im Vergleich zum ganzen Gewicht einer Pflanze erscheinen mag, so ist ihre große Bedeutung, ja Unentbehrlichkeit für diese unzweifelhaft festgestellt, und bei der dichten Bedeckung, in welcher unsere Culturpflanzen den Boden überziehen, erscheint die Menge

an ſolchen mineraliſchen Stoffen, welche in die Pflanze übergeht, doch nicht unbeträchtlich.

Nach angeſtellten Verſuchen werden einem Felde von vier preußiſchen Morgen (nahezu gleich einer Hektare) durch eine Weizenernte 357 Pfund mineraliſcher Beſtandtheile entzogen, worunter 112 Pfund phosphorſaurer Salze ſind. Wiederholen wir auf einem und demſelben Felde eine Reihe von Jahren hintereinander dieſelbe Ernte, ſo iſt es offenbar, daß demſelben bedeutende Mengen jener mineraliſchen Stoffe entzogen werden, daß die obern Schichten des Bodens an denſelben fortwährend ärmer werden müſſen.

Kennen wir genau die Aſchenbeſtandtheile einer Culturpflanze, ſo wiſſen wir auch, welche Stoffe der Boden enthalten muß, auf dem dieſelbe gezogen werden ſoll. Es ſind daher von den Chemikern wiederholt die Aſchenrückſtände von Pflanzen analyſirt worden. Allein die Reſultate verſchiedener Chemiker zeigen nicht unbedeutende Abweichungen untereinander. Es rührt dies theils von verſchiedenen Methoden der Analyſe, theils aber auch von dem Umſtande her, daß manche der mineraliſchen Stoffe in der Pflanze ſich gegenſeitig vertreten zu können ſcheinen (z. B. Kali und Natron, Kalk und Bittererde), wodurch denn das ganze quantitative Verhältniß eine Aenderung erleidet. Wir ſind genöthigt, uns bisjetzt nur an gewiſſe Hauptreſultate zu halten, die außer Zweifel geſtellt und früher bereits angedeutet ſind. Eine weitere Entwickelung dieſer Richtung, die erſt ſeit kurzem eingeſchlagen worden iſt, wird mit ſtets vervollkommneten und übereinſtimmenden Unterſuchungsmitteln ſicherlich eine genügende Feſtſtellung über die Beſtandtheile der Pflanzenaſchen zu Stande bringen.

Nehmen wir an, wir ſeien über die mineraliſchen Beſtandtheile einer anzubauenden Pflanze hinreichend im Klaren, ſo iſt es unſere weitere Aufgabe, den Boden zu befragen, ob er jene Stoffe enthält und dieſelben zu liefern vermag.

Die Mutter Erde verhält ſich in dieſer Beziehung höchſt ungleich. Es gibt glückliche Regionen derſelben, wo ſeit Menſchengedenken geſäet und geerntet wird, ohne daß die Nothwendigkeit eintritt, dem Boden je etwas wiederzuerſtatten. Es müſſen hier

also in der Erde alle mineralischen Stoffe in angemessener Auswahl und Menge vorhanden sein, um nachhaltige reiche Culturen zu ertragen. Ja, es zeigt sich, daß bei weitem der größere Theil der bebauten Erdoberfläche, namentlich der wärmern Länder, keine andere Zufuhr von außen als höchstens die Bewässerung erhält. Nach A. von Humboldt erträgt der seit Jahrtausenden bearbeitete, aber nie gedüngte Boden von Mexico unter günstigen klimatischen Verhältnissen eine zwei- bis sechshundertfache Ernte, wogegen unsere zwölf- bis funfzehnfachen Ernten allerdings sehr dürftig erscheinen.

Allein nicht überall ist die Natur so freigebig. Abgesehen davon, daß klimatische Verhältnisse der Vegetation unüberwindliche Grenzen setzen, daß nasse Sumpfregionen und dürre, wasserleere Wüsten gleich trostlos und unfruchtbar sind, gibt es große Ländermassen, und darunter die von der dichtesten und cultivirtesten Bevölkerung bewohnten, wo die Ertragfähigkeit des Bodens eine beschränkte und nur durch sorgfältige Cultur eine hinreichend nachhaltige zur Ernährung vieler Millionen ist. In diesem Falle befinden sich unter andern die meisten Gegenden des mittlern und nördlichen Europa.

Auch fehlt es nicht an Beispielen, daß Landstriche, die jahrhundertelang die reichsten Ernten gaben, deren Boden unerschöpflich zu sein schien, fast plötzlich ihre Fruchtbarkeit verloren haben. Am auffallendsten hat sich dieses in Virginien gezeigt. Durch ununterbrochen fortgesetzte Tabacksernten sind dort dem Boden große Massen mineralischer Pflanzenbestandtheile entzogen worden. Als Folge zeigt sich jetzt ein erschöpfter, keiner lohnenden Ernte mehr fähiger Boden. Man wird dies um so mehr begreifen, wenn wir hinzufügen, daß der Taback gerade zu denjenigen Pflanzen gehört, die am meisten Asche liefern, daß einem Grundstück von einer Hektare (etwa vier preußische Morgen) durch eine Tabacksernte nicht weniger als 514 Pfund mineralischer Stoffe entzogen werden.

Eine genaue Kenntniß des Bodens und seiner Bestandtheile ist daher nicht allein wichtig, insofern darin Lager von Steinkohlen oder Braunkohlen, Gänge von Erzen oder nutzbaren Spathen

vorkommen, sondern auch rücksichtlich solcher Bestandtheile, auf deren Vorhandensein die unentbehrlichste aller Productionen, die Cultur der Nahrungsgewächse gegründet ist. Wenn der Staat eine Anstalt errichtet, die eine Untersuchung der Bodenbeschaffenheit des Landes in dieser Hinsicht zur Aufgabe hat, so können deren Resultate mit dazu beitragen, wichtige Anhaltepunkte für die allgemeinere Verbreitung der rationellen Landwirthschaft zu geben. Das Ideal einer derartigen Leistung wäre die Vollendung einer Culturkarte des gegebenen Landes, wonach dasselbe nicht in politische und administrative Districte, vielmehr in solche unterschieden wäre, die vorzugsweise zur Erzeugung von Weizen oder Flachs, Raps, Taback, Hopfen, Zuckerrüben u. s. w. oder für wechselnde Culturen geeignet erscheinen, bei welch letztern noch die Auswahl und Reihenfolge der Pflanzungen zu bezeichnen bliebe. So reizend ein solches von den wissenschaftlichen Untersuchungen zu erwartendes Bild auch erscheint, sind wir doch keineswegs zu der Erwartung berechtigt, daß chemische Bodenanalysen für sich allein je im Stande sein werden, dieses Ziel zu erreichen. Es kann nicht ausdrücklich genug hervorgehoben werden, daß das Leben der Pflanze sowol als des Thieres niemals das Resultat eines einzigen Factors ist, daß außer den zur Existenz einer Pflanze nothwendigen chemischen Bestandtheilen des Bodens noch Einflüsse der wichtigsten Art vorhanden sind, von deren Mitwirkung oder Gegenwirkung das Gedeihen derselben nicht minder abhängig ist als von jenen. Es gehören hierher die klimatischen Verhältnisse, sowie die sogenannten physikalischen Eigenschaften des Bodens, wie Feuchtigkeit, Lockerheit, Farbe und andere mehr.

Indem wir die Beantwortung der beiden Fragen: Was enthält die Pflanze? was enthält der Boden? als erledigt ansehen, gehen wir zu der dritten über: „Wie geben wir dem Boden wieder die durch die Cultur verlorene Ertragsfähigkeit? Bekanntlich geschieht dieses dadurch, daß wir dem Ackerboden gewisse Stoffe wieder zuführen, die als Dünger bezeichnet werden, und unsere Frage wird demnach zur Düngerfrage: „Was ist Dünger; wie wirkt er und woher nehmen wir denselben?“

Unter Dünger verstehen wir diejenigen Materialien, welche dem Ackerboden zugeführt werden, um dessen Ertragsfähigkeit zu erhalten, zu steigern oder wiederherzustellen.

Die Wirkungsweise der Düngstoffe, vermöge welcher sie dem ausgesprochenen Zwecke sich dienlich erweisen, ist ziemlich complicirter Art und macht sich wesentlich in dreierlei Richtung geltend. Zum ersten wirkt der Dünger geradezu als Ersatzmittel fehlender Nahrungsstoffe für die Culturpflanze. Sodann können die Düngstoffe dadurch einflußreich und förderlich sich erweisen, daß sie auf die vorhandenen Bestandtheile des Bodens chemisch einwirken, indem sie eine Zersetzung und Verwitterung derselben veranlassen, wodurch dieselben geeignet werden, als Nahrungsstoffe von der Pflanze aufgenommen zu werden. Endlich können sie noch eine dritte Rolle übernehmen, die wir als die mechanisch-physikalische bezeichnen. Die Düngstoffe dienen alsdann weder als Nahrungsmittel noch kommt ihre chemische Einwirkung in Betracht. Aber indem sie den Boden auflockern, seine wasser- und wärmehaltende Kraft, überhaupt den ganzen Zustand der Ackerkrume ändern, können sie von wesentlichem Einfluß auf das Gedeihen der Vegetation werden.

In den meisten Fällen wirkt der angewendete Dünger gleichzeitig in jeder der erwähnten Weisen, auch wenn man bei seiner Auswahl nur von der Rücksicht auf eine derselben geleitet worden war. Für die Beurtheilung der durch Düngstoffe erzielten Erfolge ist es jedoch von Wichtigkeit, stets diese mehrfache Wirkungsweise im Auge zu behalten.

Dem Gehalt unsers Werks getreu verfolgen wir vorzugsweise den chemischen Antheil an der Ernährungsgeschichte der Pflanzen und erörtern zunächst die Bedeutung des Düngers als Nahrungsmittel.

Wir geben uns dabei der Hoffnung hin, daß nach der bisherigen Darstellung der Leser bereits selbst eine Ansicht hierüber sich gebildet hat, die von der gemeinhin herrschenden, ganz unklaren Vorstellungsweise sich wesentlich unterscheidet; daß solche Ausdrücke, wie Bodenkraft, Düngkraft, hitziger Dünger, Reizmittel der Vegetation u. s. w., für ihn keinen andern Sinn haben können, als daß

sie Eigenschaften bezeichnen, die lediglich von dem Vorhandensein oder Fehlen gewisser Bestandtheile oder Eigenschaften des Bodens herrühren.

Nehmen wir als bewiesen an, daß die Pflanze ihren ganzen Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, also bei weitem den größten Theil ihrer Masse, aus der Atmosphäre entnehmen kann, so bleibt als Leistung des Düngers die Wiederherstellung der mineralischen Stoffe, welche die betreffenden Culturpflanzen dem Boden entzogen hatten und welche sie beim Verbrennen als Asche hinterlassen würden. Es folgt hieraus, daß diese Asche selbst der beste und ausreichendste Dünger für die entsprechenden Pflanzen sein müßte.

Vergleichen wir mit dieser theoretischen Ansicht vom Dünger das praktische Verfahren, so finden wir dieses scheinbar durchaus nicht in Uebereinstimmung. Bekanntlich führen wir unsere Ernten nicht nach Hause, um sie zu verbrennen und die Asche wieder auszustreuen, sondern dieselben gehen größtentheils als Nahrungsmittel in Fleisch und Blut der Menschen und Thiere über. Stroh und Laub wandern als Streu in den Stall; die spinnbare Faser von Flachs und Hanf erhält ihre bekannte Bestimmung, und allein das Blatt des Tabacks ist bestimmt, als Rauch in blauen Wirbeln aufzugehen, ohne daß jedoch die Cigarrenasche der Oekonomie zugute käme. Nur da erhält der Boden Asche zurück, wo Stoppeln, Kartoffelstroh, Queggen und Unkraut auf dem Felde verbrannt werden.

Kein Mensch denkt auch, wenn von Dünger die Rede ist, an etwas der Asche Aehnliches, sondern an jenes unappetitliche, nur der Nase des echten Landbauers wohlduftende Gemenge, welches aus den verrotteten und verfaulten Abfällen aller Art der Haushaltung und des Stalles besteht, gleich widerlich durch Abkunft, Aussehen und Geruch, durchfeuchtet von dem Pfuhl, jener schwarzen, stinkenden Feuchtigkeit, die schon bildlich als der Inbegriff alles Abscheulichen erscheint. Alles dies ist aber organischer Abkunft, und indem wir damit düngen, scheinen es keineswegs mineralische Stoffe zu sein, welchen die unverkennbar nutzbringende Wirkung des festen

und flüssigen Düngers, des Mistes und des Pfuhles zuzuschreiben ist.

Eine kurze Betrachtung wird uns jedoch zeigen, daß im Dünger fast alle jene mineralischen Stoffe wieder angesammelt erscheinen, welche in den Ernten den Feldern entzogen worden sind.

Die Weizenernte, welche wir von einem Felde hinwegführen, liefert uns zwei nutzbare Theile: das Stroh und die Weizenkörner. Das erstere, ausgezeichnet durch seinen Gehalt an Kieselerde, wird theils als Häcksel dem Vieh im Futter gereicht, theils als Streu verwendet. In dem Thierkörper wird aber von der im Stroh enthaltenen Kieselerde gar nichts aufgenommen und zurückbehalten, vielmehr wird dieselbe wieder abgesondert, in den Excrementen, die, mit Stroh vermischt, den Mist bilden, der also dem Acker den ganzen Kieselgehalt wieder zurückgibt. Das Weizenkorn besteht aus Stärkemehl, Pflanzeneiweiß und phosphorsauerm Kalk. Indem wir in Form von Brot oder andern Mehlspeisen dasselbe genießen, sind es hauptsächlich die erstgenannten organischen Bestandtheile des Weizens, die in Fleisch und Blut des Menschen übergehen und zur Ernährung verwendet werden. Der mineralische Bestandtheil des Weizens, das phosphorsaure Kalksalz, findet sich wieder in den festen und flüssigen Absonderungen und kann, dem Dünger zugetheilt, dem Culturboden zurückerstattet werden. Allerdings geht auf dem Wege durch den menschlichen Körper ein Theil des phosphorsauern Kalks, der in den Getreidekörnern enthalten ist, in jenen über und wird zur Bildung der Knochenmasse verwendet. Bedenken wir jedoch, daß der im Skelet des ausgewachsenen Menschen enthaltene phosphorsaure Kalk nur etwa sieben bis acht Pfund wiegt, daß die vieljährige Periode des Wachsthums zur Ansammlung dieser Masse verwendet wird, die später nicht mehr zunimmt, so können wir mit Gewißheit annehmen, daß auch die phosphorsauern Salze in den Abgängen vollständig dem Boden ersetzt werden können.

Noch genauer geschieht die Rückerstattung beim Durchgang der als Futter gereichten Pflanzenstoffe durch den Körper unserer Hausthiere. Denn was davon nicht, wie bereits erwähnt, als Excrement in den Dünger übergeht, wird zur Ausbildung des Thierkörpers

verwendet, der seinerseits wieder dem Menschen als Nahrungsmittel dient. Es ist dieselbe Erscheinung wie oben, nur auf dem Umwege, daß der Pflanzenstoff, zuerst vom Thierkörper assimilirt, nachträglich zur Nahrung des Menschen dient. Die Rückgabe an das Culturland kann auch in diesem Falle eine vollständige sein, da wir im Stande sind, die Knochen des Thieres zu sammeln und in Form von Knochenmehl dem Felde den phosphorsauern Kalk wieder zuzuführen, während die Pietät gegen unsere Todten den Ueberresten derselben eine heilige Ruhestätte anweist.

Wir sehen also aufs klarste, wie in dem Dünger alle mineralischen Stoffe sich wiederfinden, die ursprünglich mit der Pflanze dem Boden entnommen worden, da auch Fetzen und Abfälle aller Art, Kehricht u. s. w. zu diesem letzten wahren Potpourri endlich zusammentreffen. Wo eine sorgfältige Auffammlung aller Abfälle geschieht, wo namentlich die flüssigen Absonderungen, die reich sind an phosphorsauern Salzen, nicht verloren werden, da erscheinen die Düngung, die Pflanzencultur, die Ernährung des Menschen als ein regelmäßiger Kreislauf gewisser mineralischer Stoffe. Andererseits müssen an Orten und in Ländern, wo Abfälle der genannten Art durch Kanäle den Flüssen und Meeren zugeleitet oder sonst durch Unachtsamkeit nicht zu den Zwecken der Agricultur aufgesammelt werden, jährlich außerordentliche Mengen jener mineralischen Pflanzenbestandtheile in Verlust gerathen. Eine langjährige Wiederholung dessen kann endlich für Landstriche und ganze Länder ein Deficit hervorrufen, das nur eine Zufuhr von anderwärts zu decken vermag. Aus diesen Andeutungen erklärt sich die ekelhafte Sorgfalt, mit welcher der Chinese seinen Unaussprechlichen auffammelt und hütet; es geht aus denselben hervor, warum das Dungstoff vergeudende England Hunderttausende Centner von Guano, Knochenmehl und Rapskuchen aus entfernten Gegenden einführt, um den Verlust zu decken, welchen die Kanäle aus seinen ungeheuern Städten unbenutzt dem Meere zuleiten.

Halten wir vorerst die Ansicht fest, es beruhe die Wirkung des Düngers allein auf der Wiederherstellung der entzogenen Mineralbestandtheile, so läßt sich hieraus folgern, daß die Asche eines ge-

gebenen Düngers dieselben Dienste zu leisten vermag wie der Dünger selbst; daß wir dem Acker gleiche Werthe einverleiben, indem wir ihm einen Karren voll Mist zuführen, oder indem wir die wenigen Hände voll Asche auf denselben ausstreuen, welche dessen Verbrennung geliefert haben würde: denn in beiden Fällen erhielt der Boden wieder die mineralischen Pflanzenbestandtheile.

Betrachtungen der Art veranlaßten die Einführung des in der neuern Landwirthschaftslehre vielfach genannten Mineraldüngers, auf welchen nicht allein die Theorie, sondern auch die vielfältige Erfahrung der praktischen Landwirthschaft hinweist. Daß die Asche ein werthvoller Dünger ist, war schon im Alterthum bekannt. Am entschiedensten ist jedoch die Thatsache, daß eine reine Mineralsubstanz, der Gyps, aus schwefelsauerm Kalk bestehend, auf das Wachsthum verschiedener Culturpflanzen, insbesondere des Klees, eine so günstige Wirkung hervorbrachte, daß sie wunderartig erschien. Wir wissen aber, daß die Kleepflanze sehr viel Kalk bedarf, der zwar in fast jedem Boden in hinreichender Menge, aber nicht in dem löslichen Zustande vorhanden ist, wie der Gyps ihn bietet. Wir haben seitdem erfahren, daß Knochen, Knochenkohle und Knochenasche, Guano und Oelkuchen für alle Getreidearten eine ähnliche wunderartige Düngung gewähren, aber zugleich die Ursache darin aufgefunden, daß die genannten Stoffe ungemein viel phosphorsauern Kalk enthalten, also denselben Bestandtheil, der niemals in den Getreidekörnern fehlt, der dagegen nur selten und in geringer Menge in unserm Ackerboden vorkommt. Wir wissen jetzt, daß die genannten mineralischen Düngstoffe, die in verhältnißmäßig geringer Menge so bedeutende Wirkungen hervorbringen, keine Reizmittel sind, welche die Bodenkraft anregen oder erhöhen: denn weder Boden noch Pflanzen haben Nerven, die, vergleichbar denen des thierischen Körpers, zu erhöhter Thätigkeit erregt werden können, und der Boden hat keine ihm eigene Kraft, durch welche er das Wachsthum und Gedeihen der Pflanze zu befördern vermag.

Angesichts dieser Thatsachen hält es die Theorie der Agriculturchemie für ihre Aufgabe, düngende Mineralstoffe aufzusuchen und der Landwirthschaft zu Gebote zu stellen, unter Formen und Umstän-

den, welche die bisherige Unkenntniß dieser Verhältnisse unberücksichtigt gelassen hat, sodaß viele zur Production großer Nahrungswerthe verwendbare Stoffe diesem wichtigen Zwecke entfremdet geblieben sind. Die Theorie weist in dieser Beziehung hin auf die als Dünger nutzbaren Aschen, Salze und Rückstände der verschiedensten Arten, die in Haushaltungen und Fabriken vielfach unbenutzt bleiben. Dieselbe ist bemüht, unmittelbar aus dem Mineralreich ein Ersatzmittel für den kostbarsten aller Düngstoffe, das Knochenmehl, aufzufinden, der den Getreidearten gegenüber eine ähnliche Wirkung übernehmen soll, wie der Gyps auf Klee und Hülsenfrüchte sie bewährt. Die Theorie sucht endlich durch eine genaue Analyse aller gebräuchlichen Dungmittel den Werth derselben festzustellen, dieselben nach ihren Bestandtheilen zu klassificiren, damit in Uebereinstimmung mit den Bedürfnissen gegebener Pflanzen und den Bestandtheilen des gebotenen Bodens die Landwirthschaft in den Stand gesetzt werde, die zweckmäßigste Auswahl zu treffen. Bestände die Wirkung der Dungstoffe ausschließlich im Ersatz der mineralischen Pflanzenbestandtheile, so wäre in vorgenannten Bestrebungen das Ziel der Agriculturchemie bezeichnet und begrenzt. Allein die Landwirthschaft stellt, wie S. 419 gesagt wurde, an den Dünger noch weitere Anforderungen. Er soll unter anderm den Boden aufschließen, eine Verwitterung desselben, die Löslichkeit mancher seiner Bestandtheile befördern, er soll endlich Einfluß äußern auf die physikalische Bodenbeschaffenheit, auf Lockerheit, Wärme und Wasserhaltigkeit desselben.

Hieraus geht denn sogleich hervor, daß der Mineraldünger nicht allen diesen Anforderungen gleichzeitig genügen kann, daß auch andere Stoffe als die in der Asche sich findenden von wesentlichem Einfluß auf das Wachsthum der Pflanzen sich erweisen können. Niemals enthält z. B. eine Pflanzenasche salpetersaure Salze, während es doch erwiesen ist, daß der Chilisalpeter (salpetersaures Natron) ein vortreffliches Dungmittel ist.

Die Verschiedenheit in der Wirkungsweise der Dungstoffe fällt sogleich ins Auge, wenn wir die Wirkung der rein mineralischen Dungstoffe im Vergleich zu der des gewöhnlich angewendeten Stall-

düngers oder Mistes betrachten. Auch der letztere enthält, wie oben ausgeführt wurde, mineralische Bestandtheile und verdankt eben diesen seine Hauptwirksamkeit. Allein der Mist überläßt sie nur in dem Maße, als er verwittert, also sehr allmählich, dem Boden und der Wurzelfaser; und da hierzu eine Zeit von mehreren Jahren erforderlich ist, während welcher der Ackerboden eine wiederholte Umarbeitung erfährt, so erhalten die düngenden Bestandtheile des Mistes einen Grad und eine Gleichmäßigkeit der Vertheilung, welche für die Culturpflanze vorzüglich günstig sich erweist. Wie wichtig aber eine weitgehende und gleichmäßige Vertheilung der düngenden Stoffe ist, zeigte sich deutlich in der Geschichte der Anwendung der Knochen, die, anfänglich nur in groben Stücken auf die Weizenfelder verbreitet, zwar eine entschieden günstige Wirkung hervorbrachten, welche sich jedoch verdoppelte und vervielfachte, als man dieselben, in feines Mehl verwandelt oder durch Schwefelsäure aufgeschlossen, als sogenanntes Superphosphat, in Anwendung brachte.

Auch darin beruht ein Unterschied, daß der Mist, als Repräsentant der Ueberreste aller Pflanzen, auch den allen Culturen zugänglichen Dungstoff enthält und diesen bei geeigneter Reihenfolge, wie die wohlgeregelte Wechselwirthschaft sie einhält, den aufeinander folgenden Pflanzungen abgibt, während mineralische Dünger, wie Gyps, Knochenmehl, Asche u. s. w., nur für einzelne bestimmte Culturen sich eignen.

Endlich erweisen die beiden zu vergleichenden Düngerarten sich wesentlich verschieden darin, daß in dem Mist eine beträchtliche Menge organischer Stoffe, wie Stroh und dergleichen dem Boden übergeben werden, welche dazu beitragen, die Beschaffenheit der Ackerkrume mehr oder weniger zu verändern. Der Boden kann durch die Beimengnng dieses voluminösen Düngers eine Auflockerung erhalten, die sich höchst zuträglich und günstig zu erweisen vermag und welche unter gleichen Umständen ein rein mineralischer Dünger nicht gewähren kann. Es ist namentlich der Humusgehalt, der durch Zufuhr des Mistes im Boden vermehrt wird, und nach dem, was S. 407 über den günstigen Einfluß des Humus gesagt

worden iſt, wird man begreifen, welchen Werth hierdurch der Miſt erhält.

Mit rein mineraliſchen Dungſtoffen wird daher keineswegs unter allen Umſtänden daſſelbe zu leiſten ſein, was die Landwirthſchaft mit ihren ſeither üblichen Mitteln erreicht, und es iſt allerdings nicht einerlei, ob wir dem Acker einen Karren voll Miſt oder die aus Verbrennung des letztern hervorgegangene Aſche zuführen. Es folgt hieraus, daß die Phyſiognomie unſerer Landwirthſchaft im ganzen ſich weniger auffallend verändern wird, als dies im erſten Augenblick infolge des theoretiſchen Einfluſſes der Fall werden zu ſollen ſchien. Es wird die Dunggrube auch fernerhin die Goldgrube des Bauern ſein.

Unſern bisherigen Erläuterungen gemäß erkennen wir demnach den Einfluß der Chemie auf die Landwirthſchaft hauptſächlich darin, daß die Chemie durchgehends beſtimmte Werthe an die Stelle ſchwankender Angaben zu ſetzen bemüht iſt. Hierdurch allein kann dieſe Induſtrie Herrin ihrer Operationen werden und ſo jener Sicherheit und Vielſeitigkeit ſich nähern, welche in den mechaniſchen und rein chemiſchen Gewerben in ſo hohem Grade gewonnen worden iſt.

Man laſſe ſich in dieſer Erwartung nicht irre machen durch die obſchwebenden Streitigkeiten der Theoretiker ſowol unter ſich, als mit den Praktikern über einzelne Fragen der Pflanzenernährung. Mögen auch die Argiver weinen, wenn ihre Könige ſtreiten, ſo dürfen die Landwirthe immerhin ſich freuen, daß Fragen aus ihrem Gebiete zu Streitfragen befähigter und ausgezeichneter Männer in verſchiedenſter Richtung geworden ſind. Der endliche Vortheil wird auf ſeiten der Landwirthſchaft ſein. Eine Frage der Art iſt z. B. die über die Rolle, welche der Stickſtoff bei der Pflanzenernährung ſpielt, ob er nämlich aus der Atmoſphäre, in Form von Ammoniak, NH_3, aufgenommen werde, oder ob es ſtickſtoffhaltige Dungſtoffe ſind, welche bei ihrer Zerſetzung der Pflanze den erforderlichen Stickſtoff liefern. Die abſolute Entſcheidung dieſer Frage durch eine directe Beweisführung iſt keineswegs leicht, denn diejenigen organiſchen Dungſtoffe, welche bei einem reichlichen Gehalt

an Stickstoff durch ihre düngende Wirksamkeit sich auszeichnen, enthalten gleichzeitig einen entsprechenden Reichthum an den werthvollsten mineralischen Bestandtheilen, an phosphorsauerm Kalk und Alkalien.

Auch wird das Hauptergebniß der theoretischen Schlußfolgerung nicht beeinträchtigt durch mehrfache Modificationen ihrer Zwischenglieder. So war man bisher bei Betrachtung der Pflanzenernährung von der Ansicht ausgegangen, daß alle Nahrungsstoffe der Pflanzen in Wasser gelöst den Boden durchdringen, daß die Pflanze, vergleichbar einem Schwamme, diese Auflösungen nur aufzusaugen habe. Neuere Beobachtungen haben jedoch ergeben, daß der Ackerboden ein ganz eigenthümliches Verhalten gegen Salzlösungen zeigt. Wenn man gewöhnliche Ackererde in einen Trichter füllt und dieselbe mit einer Auflösung von kieselsauerm oder phosphorsauerm Kali, deren Gehalt bekannt ist, übergießt, so findet man je nach den Verhältnissen in der ablaufenden Flüssigkeit den Salzgehalt auffallend vermindert oder gänzlich verschwunden. Die Erde hält das Salz zurück auf eine Art, die theilweise verglichen worden ist, mit der Entziehung aufgelöster Farbstoffe durch Thierkohle, wonach also eine Fixirung mehr durch Adhäsion als durch chemische Anziehung stattfinden würde. Unstreitig ist die Kenntniß dieser Thatsache ein wichtiger Beitrag zum Verständniß der Vegetationsverhältnisse; wir finden es hieraus erklärlich, daß die anhaltendsten Regengüsse einen fruchtbaren Boden nicht auszulaugen vermögen, daß ferner die von drainirtem Terrain ablaufenden Drainwasser kaum Spuren löslicher Bodenbestandtheile enthalten. Die von der Ackerkrumme fixirten Salze werden derselben unter Mitwirkung von Wasser durch die Wurzelfaser entzogen, obwol wir nicht genau anzugeben vermögen, in welcher Weise dieses geschieht. Wenn also auch durch diese Beobachtungen unsere bisherigen Ansichten über die Art der Aufnahme der Nahrungsstoffe durch die Pflanze eine Modification erleiden mögen, so erscheint hierdurch doch die Grundlage ihrer Ernährungsgeschichte unberührt.

Es fehlt freilich nicht an Verächtern der chemisch-theoretischen Richtung, welche aus einer nicht völlig aufgeklärten Frage eine An-

klage zu machen und an einen verfehlten Versuch ihren Spott zu hängen pflegen. Allein da diese Gegner kein Bedenken tragen, in vielen andern Fällen die Hülfeleistung der Chemie in Anspruch zu nehmen, so hat ihre Opposition keine Bedeutung.

Das Nachfolgende mag wol dienen, zu zeigen, inwiefern die chemische Auffassung den Blick des Landwirths schärft und erweitert.

Das Auge des Chemikers verfolgt mit einer gewissen Sorge jene Tausende Centner von Knochen, welche jährlich den Rhein hinunter als Dünger nach den Niederlanden, Frankreich und England gehen. Das dafür erlöste Geld, durchschnittlich anderthalb Gulden bis einen Thaler für den Zollcentner, erscheint ihm nur ein geringer Ersatz für jene werthvolle Substanz.

Die chemische Analyse der Aschen von Getreidekörnern hat gezeigt, daß ein Centner Korn durchschnittlich ein Pfund phosphorsauern Kalk enthält. Die weitere Untersuchung des Knochenmehls ergibt, daß in einem Centner desselben gegen 66 Procent phosphorsauern Kalks enthalten sind, sodaß hiernach ein Centner Knochenmehl der Theorie nach als der Repräsentant von etwa 50 Centnern Getreidekörnern anzusehen ist. Wir können zwar nicht behaupten, daß gerade der Centner Knochenmehl, den wir auf den Acker streuen, direct die Production von 50 Centnern Korn bewirkt, weil es unmöglich erscheint, dieses Knochenmehl so in dem Boden zu vertheilen, daß es vollständig von den Wurzelfasern aufgenommen wird. Dagegen läßt sich mit voller Gewißheit sagen, daß mit je 150 Centnern Heu oder Weizenstroh dem Boden so viel phosphorsaurer Kalk entzogen wird, als ein Centner Knochenmehl enthält; daß mit jeder Getreideernte von anderthalb bis zwei Morgen Ackerfeld, oder mit jeder Kartoffelernte von zwei bis zweieinhalb Morgen so viel phosphorsaurer Kalk dem Boden entzogen wird, als einem Centner Knochenmehl entspricht. Es ist ferner klar, daß dieses Kalksalz im Boden enthalten sein mußte, daß derselbe mit jeder Ernte daran ärmer wird, daß endlich eine Erschöpfung desselben eintreten muß, wenn kein Ersatz stattfindet, und hiernach sind wir allerdings berechtigt, je einen Centner Knochenmehl als den Repräsentanten von 150 Centnern

Heu oder Weizenstroh oder von 50 Centnern Weizen oder Hafer uns vorzustellen.

Werfen wir einen Blick auf die Handelsbewegung, in welche die Knochen gekommen sind, so ist kein Zweifel, daß ihr landwirthschaftlicher Productionswerth Orte findet, wo derselbe vollständig gewürdigt wird. Wer am Rhein wohnt, wird nicht leicht übersehen, wie je nach Größe von Stadt oder Städtchen größere und kleinere Schiffe mit Knochen allmählich sich anfüllen, in welchen aus dem ganzen benachbarten Verzehrungsbezirk durch die Geschäftigkeit zahlreicher Hebräer die Gebeine vertilgter Geschlechter sich sammeln, um eine Todtenfahrt rheinabwärts zu machen, die sie dem vaterländischen Boden entführt, indem dieselben zum größten Theile nach Belgien, England und Frankreich wandern. So werden allein aus Worms jährlich ungefähr 10 — 12000 Centner Knochen, im Werthe von 15 — 20000 Gulden rheinabwärts geführt; aus Mainz mag die Ausfuhr etwa 25000 Centner mit entsprechendem Werthe betragen. Aus der ungeheuern Zuckerfabrik Waghäusel gehen 15 — 20000 abgängiger Knochenkohle denselben Weg den Rhein hinab nach Rotterdam, um von da nach dem südlichen Frankreich, hauptsächlich nach Nantes verschifft, die Weinberge Frankreichs zu befruchten.

Nicht minder interessant erscheint es, einige Angaben über die Einfuhr in das knochenverzehrende England hinzuzufügen, das bereits im Jahre 1815 über Hull 160000 Centner Knochen importirte, eine Einfuhr, die im Jahre 1835 auf 514000 Centner gestiegen war und seitdem noch beträchtlich zugenommen hat.

Ist nun — so fragen wir — diese Knochenausfuhr aus Deutschland für dasselbe ein nationalökonomischer Gewinn?

Am augenfälligsten läßt sich diese Frage beantworten, wenn wir in die oben gegebene Repräsentationsverhältnisse Geldwerthe einführen, obgleich diese bei dem Schwanken der Getreidepreise stets nur von relativer Bedeutung sind.

Am 1. October 1858 waren in Mainz die Getreidepreise in Gulden für den Centner die folgenden: Weizen 5,2; Roggen 4,3; Gerste 4,4; Hafer 4,8 — sodaß man durchschnittlich den Werth

von einem Centner Getreide gleich 5 Gulden setzen kann. Es sind dies so ziemlich mittlere Preise; einige Jahre vorher waren die Getreidepreise mehr als doppelt so hoch. Welch ein Unterschied ergibt sich nun im Werthe derselben Menge von phosphorsauerm Kalk, die in einem Centner Knochenmehl ungefähr 5 Gulden kostet, während die derselben entsprechenden 50 Centner Getreide 5×50 oder 250 Gulden werth sind! Wie unbedeutend erscheint das vom Ausland für die ihm zugeführten Knochen erlöste Geld, wenn wir nach obigem Beispiel berechnen, zu welch ungeheuern Ernteerträgen jene Hunderttausende Centner von Knochen das Erzeugungsmaterial enthalten!

Noch weniger vortheilhaft für Deutschland erscheint aber dem Chemiker die Bewegung des phosphorsauern Kalks, wenn er gleichzeitig die Einfuhr der vielen tausend Centner von Guano erblickt, die rheinaufwärts stattfindet. Es ist dieses ein Dungstoff, der seine anerkannte Wirkung hauptsächlich dem Gehalt an phosphorsauerm Kalk verdankt, welchem Ammoniaksalze beigesellt sind. Wie bedeutend die Einfuhr dieses kostbaren ausländischen Düngers geworden ist, entnehmen wir aus Reuning's amtlichem Bericht an das Ministerium in Sachsen, nach welchem im Jahre 1844 nur 404 Centner, im Jahre 1854 aber mindestens 120000 Centner in dieses Land eingeführt worden sind. Der Guanoverbrauch für die Provinz Rheinpreußen allein wird für das Jahr 1855 auf ungefähr 130000 Centner, im Werthe von 1,170000 Gulden geschätzt.

Bedenkt man, daß aus den verschiedensten Gegenden Deutschlands fortwährend Knochen ausgeführt werden, deren Betrag auf Hunterttausende von Centnern jährlich sich summirt, so ergibt sich, welch ungeheure Productionswerthe auf diese Weise nicht ausgenutzt werden, da der directe Erlös aus diesen Knochen in keinem Verhältniß zu ihrem wirklichen Werthe steht. Es entsteht außerdem noch die Frage, ob für die Dauer ein Land diese Ausfuhr wird ertragen können, ohne die eigene Erschöpfung hervorzurufen, wie solche in England factisch bereits eingetreten ist. Unter diesen Umständen kann man es fast lächerlich finden, wenn deutsche Oekono-

men mit schwerem Geld Guano einführen, dagegen aber eine so werthvolle Substanz wie Knochen ausführen lassen. Es ist unstreitig dem berechnenden Einfluß der Wissenschaft zuzuschreiben, wenn wir in neuerer Zeit in England wiederholte Versuche auftauchen sehen, die Einnahme des Culturbodens mit dessen Ausgabe nachhaltig in Uebereinstimmung zu bringen. Man ist jetzt mit der Ausführung eines Plans bemüht, wonach die Abfälle der ungeheuern Metropolis, die gegenwärtig unbenutzt von der Themse ins Meer gespült werden, für die Oekonomie zu gewinnen. Auch gehört hierher das kürzlich patentirte Verfahren, Seefische, die an manchen Küsten in ungeheurer Menge zu haben sind, in einen Dungstoff zu verwandeln. Auf diese Weise könnte allerdings eine vollkommenere Circulation der Materie hergestellt werden, als seither in England der Fall war.

Am meisten scheint man noch, nach den werthvollen Mittheilungen in Stöckhardt's „Chemischen Feldpredigten", den Werth der Knochen in Sachsen zu würdigen, wo nach annähernder Berechnung jährlich 150000 Centner Knochen für die Zwecke der Getreideerzeugung verwendet werden, was einem Ertrage von 300000 Scheffeln (1 Scheffel = 160 Pfund Roggen) entspricht. Für die rasche Zunahme des Verbrauchs an Knochenmehl wird als Beispiel angeführt, daß die jährliche Erzeugung einer Knochenmühle von anfänglich 600 Centnern innerhalb zehn Jahren auf 15000 Centner sich steigerte.

Der Antheil, welchen die Chemiker der Gegenwart an der Landwirthschaft genommen haben, beschränkt sich jedoch keineswegs nur auf Fingerzeige, wie sie in Vorstehendem gegeben worden sind. Dieselben waren bestrebt, auch unmittelbar praktisch mit einzugreifen in Förderung der landwirthschaftlichen Production, und es sind in dieser Beziehung die Errichtung der landwirthschaftlichen Versuchsstationen sowie das Entstehen von Fabriken zur Erzeugung der sogenannten künstlichen oder Mineraldünger noch besonders hervorzuheben.

Die erste landwirthschaftliche Versuchsstation wurde 1851 zu Möckern in Sachsen errichtet, welcher ähnliche Anstalten in fast

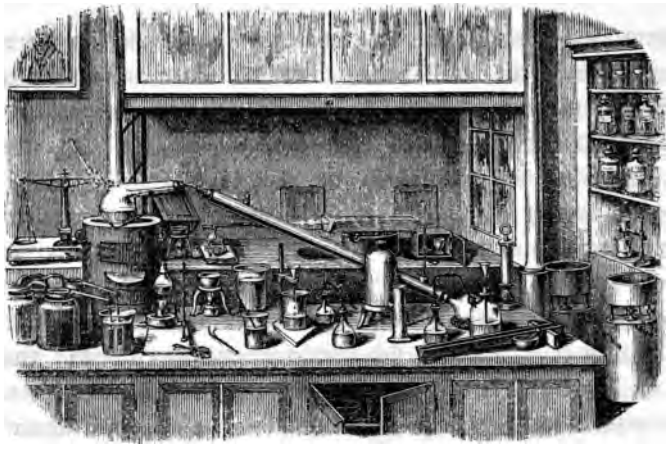
allen übrigen deutschen Ländern nachfolgten, sodaß deren im Jahre 1858 fünfunddreißig vorhanden waren. Dieselben werden ganz besonders dienen, dem Chemiker ein größeres Operationsfeld darzubieten für die Fruchtbarmachung theoretisch gefundener Werthe. Dem praktischen Landwirth geben sie dagegen Gelegenheit zur Erlernung der schweren Kunst, brauchbare Versuche und Beobachtungen anzustellen, und es versprechen somit die Versuchsstationen wahre Vermittler von Theorie und Praxis in der Landwirthschaft zu werden.

Es darf uns nicht wundern, daß England am ersten und thatkräftigsten die Fabrikation chemischen Düngers ergriffen hat, denn dort war und ist die Noth am größten. Es gewährt hierbei großes Interesse, aus den Veröffentlichungen der Patent-Office in London vom Jahre 1857 zu ersehen, daß vom Jahre 1721 bis zum Jahre 1845 nur zwanzig Patente zur Erzeugung oder Verarbeitung von Dungstoffen genommen worden sind, während in den folgenden zehn Jahren, von 1845—55, nicht weniger als 122 verschiedene Patente für ähnliche Zwecke ertheilt wurden. Wie vieles darunter auch verfehlt alsbald der Vergessenheit anheimfallen, ja wie manches dabei geschwindelt sein mag: immerhin gibt es Zeugniß von einer energischen Bewegung auf dem Gebiet einer wahren Lebensfrage. Im Vergleich hiermit ist in Deutschland noch wenig geschehen, und als ziemlich vereinzelte Versuche finden wir im südlichen Theile desselben die Mineral-Düngerfabriken in Frankfurt, Griesheim und Wiesbaden, sowie die Fabrik der künstlichen Dungmittel von Clemm-Lennig in Manheim. Bei der im allgemeinen üblichen Sorgfalt, mit welcher die gewöhnlichen Dungmittel bei uns zu Rathe gehalten werden, wäre es sicherlich in nationalökonomischer Beziehung höchst vortheilhaft, wenn derartige Anstalten auch solches Material, das bisher für die Düngung in Verlust gegangen oder nicht ausgenutzt worden ist, in geeigneter Weise für die Cultur verwerthbar machen. Möchten wir uns nicht täuschen, wenn wir Unternehmungen in dieser Richtung eine gedeihliche Wirksamkeit und lohnende Erfolge in Aussicht stellen. Es ist gewiß als ein Triumph der theoretischen Agriculturchemie anzusehen, wenn ihre wichtigsten Principien allmählich in der gewöhnlichsten Praxis sich

ausgesprochen wiederfinden, wie wir dieses in mehrfachen Beispielen zu beobachten Gelegenheit hatten. Es gibt Orte in der Pfalz, wo die Tagelöhner den in ihren kleinen Oekonomien erzeugten Stalldünger an ihre weinbauenden Ortsgenossen verkaufen, und indem sie für einen Theil des Erlöses Guano oder künstlichen Mineraldünger einkaufen, zur Düngung des eigenen Feldes, dabei ihren entschiedenen Vortheil finden. In einem andern Falle wurde der für ein entfernt liegendes Grundstück bestimmte Stalldünger verkauft und dafür die gleichwerthige Menge Kunstdünger angekauft und mit Erfolg verwendet. Es ergab sich hierbei überdies eine solche Ersparniß an Fuhrlohn, Arbeit und Zeitaufwand, daß hierdurch ein großer Vortheil im Vergleich zur Anwendung von Stalldünger sich herausstellte.

Mag nun in solchen Fällen Knochenmehl, gedämpftes Knochenmehl, Superphosphat, peruanischer oder sogenannter künstlicher Guano angewendet worden sein — immerhin begegnen wir einer kleinen Menge düngenden Stoffes, die sich gleichwerthig erweist einer großen Masse von Stalldünger; wir finden hierin die Bestätigung des theoretischen Princips: daß im wesentlichen alle Düngung doch nur in der Zufuhr der verhältnißmäßig geringen Menge der mineralischen Pflanzenbestandtheile beruht. Es unterliegt hiernach keinem Zweifel, daß neben dem stets in Anerkennung bleibenden Werthe des Stalldüngers der Production von Dungstoffen und dem Handel mit solchen noch ein großer Aufschwung bevorsteht.

So schließen wir diesen Abschnitt in der festen Ueberzeugung, daß die Chemie wohl berufen ist, große und segensreiche Wirkungen auch im Gebiete der Agricultur hervorzurufen. Aber sie wird dies nicht für sich allein vollbringen, sondern nur in inniger Verbindung mit den gleichzeitig fortgeschrittenen Wissenschaften der Pflanzenphysiologie, der Meteorologie und Physik, und angelehnt an eine nach deren Principien geleitete, einsichtsvolle Praxis!



Apparate der neuern Chemie.

V. Die Chemie als Studium.

„Aber im ſtillen Gemach entwirft bedeutende Zirkel
Sinnend der Weiſe, beſchleicht forſchend den ſchaffenden Geiſt;
Prüft der Stoffe Gewalt, der Magnete Haſſen und Lieben,
Folgt durch die Lüfte dem Klang, folgt durch den Aether dem Strahl;
Sucht das vertraute Geſetz in des Zufalls grauſenden Wundern,
Sucht den ruhenden Pol in der Erſcheinungen Flucht."

Schiller.

Wer die Bedeutung der Chemie an ſich, ſowie ihren Einfluß nach den verſchiedenſten Richtungen kennen und würdigen gelernt hat, hegt gewiß aufs lebhafteſte den Wunſch, daß dieſe Wiſſenſchaft durch den Unterricht zu einem möglichſt verbreiteten Gemeingut gemacht werde. Bei jedem Gelehrten und Künſtler finden wir ja einen gewiſſen Enthuſiasmus für ſein Fach, der ihn zur Mittheilung, zum Eindringen auf ſeine Umgebung gleichſam nöthigt. Der Muſiker zögert nicht zu behaupten, daß Rhythmus und Harmonie als Grundlage der ganzen menſchlichen Erziehung dienen ſollten, während wir gleichzeitig einen Gymnaſtiker die Anſicht verfechten hören, daß nur

durch die vollendete körperliche Uebung jene Kraft und Herrschaft des Willens, jene Freiheit der Bewegung, sowie das erforderliche Selbstvertrauen erworben werde, welche die Vorbedingung aller Erziehung ausmachen. Jener würde die Musik, dieser das Turnen zur Grundlage alles Unterrichts machen!

Ein solcher Enthusiasmus, der jeden mit seinem Fach in den Vordergrund treibt, erscheint begreiflich, verzeihlich und bei weitem mehr nützlich als nachtheilig, denn es ist bekanntlich schon dafür gesorgt, daß die Bäume nicht in den Himmel wachsen. Das Gesammtleben wirkt eben wie das Kaleidoskop, das alle die einzelnen Flitter und bunten Steinchen, die verworren durcheinander fallen, stets wieder zu einem symmetrischen Gesammtbilde geordnet darstellt. Sonach wird man, von allem übrigen abgesehen, es dem Chemiker nicht verargen, wenn er in dem Unterrichtswesen der Gegenwart für seine Wissenschaft die angemessene Berücksichtigung verlangt.

Indem wir am Schlusse dieses Werkes die Chemie als Studium besprechen, unterscheiden wir wesentlich drei verschiedene Richtungen oder Grade, in welchen dasselbe zu verfolgen ist, nämlich 1) das Studium der Chemie als wissenschaftliches Fachstudium; 2) die Chemie als Hülfswissenschaft, und 3) der chemische Unterricht als allgemeines Bildungsmittel. Es leuchtet ein, daß je nachdem der eine oder andere dieser Wege ins chemische Gebiet betreten wird, der Aufwand von Zeit, Kraft und Kosten sehr ungleich ausfallen muß. Wohlgethan ist es immerhin, sich über diese Punkte etwas zu orientiren, bevor man diese oder jene Richtung einschlägt.

Das Studium der Chemie als wissenschaftliches Fachstudium ist wie alle übrigen Wissenschaften Gegenstand der höhern akademischen Bildung, und unsere sämmtlichen Universitäten, diese Gipfelpunkte, wo alle Blüten des Geistes am reichsten und schönsten sich entfalten sollen, haben bereits seit einer Reihe von Jahren der Chemie eine selbständige Stellung eingeräumt. Selbst an kleinern Universitäten, wo früher höchstens etwa ein Mitglied der medicinischen Facultät nebenher die Chemie repräsentirte, begegnen wir jetzt außer dem ordentlichen Professor

der Experimentalchemie in der Regel noch mehreren Professoren und Privatdocenten für einzelne Zweige und Richtungen derselben. Es möge als Beispiel dienen, daß Heidelberg gegenwärtig nicht weniger als neun Lehrer der Chemie besitzt, während vor etwa dreißig Jahren, als Leopold Gmelin dort noch als berechtigter Alleinherrscher waltete, es dem wackern Geiger nicht leicht wurde, daselbst Boden zu gewinnen.

Aber auch die Anzahl derjenigen, welche als Studenten der Chemie obliegen, hat sich gegen jene früherer Zeiten außerordentlich vermehrt, wenn auch nicht überall in einem den vorhandenen Lehrkräften entsprechenden Verhältniß.

Nichts beweist ferner mehr die Verbreitung des chemischen Unterrichts als die an verschiedenen Orten entstandenen Handlungen, die sich ausschließlich mit chemischen Geräthschaften und Materialien befassen. Welche Noth hatte man früher, um nur die einfachsten und nothwendigsten Bedürfnisse zusammenzubringen! Fast alles mußte direct bezogen werden — das weiche Glas aus Paris, das harte aus Prag, Kautschukplatten aus London, das Filtrirpapier aus Stockholm, Kaliapparate aus Gießen u. s. w., wobei dann ein ungeheures Brief- und Packetporto, sowie hohe Eingangs- und Zwischenzölle noch bewirkten, daß an sich ganz billige Gegenstände nur mit großen Opfern zu erhalten waren. Wie ganz verschieden ist dies jetzt. Bei W. Batka in Prag, bei Luhme in Berlin und bei W. F. Nöllner in Darmstadt u. a. m. kann man jetzt ein chemisches Laboratorium in Accord geben, fast so gut wie die Errichtung eines Wohnhauses, eingerichtet, ausgestattet bis ins Einzelne und Kleinste.

Die Einrichtung und Ausstattung der Laboratorien selbst ist fortwährend zweckmäßiger, umfangreicher, splendider geworden, wie dieses die Beschreibungen mit Abbildungen erkennen lassen, welche von dem chemischen Universitätslaboratorium zu Gießen durch Hofmann, sowie vom chemischen Universitätslaboratorium in Heidelberg durch Lang bei Ch. F. Müller in Karlsruhe herausgegeben worden sind und von welchen das letztere, kaum erst erschienen, in genauer und künstlerischer Ausführung bis ins Detail

die Einrichtung eines chemischen Haushalts nach neuester Vervollkommnung zeigt.

Unter diesen äußerlich veränderten Umständen hat denn auch das Studium der Chemie in Beginn und Verlauf gegen früher eine andere Gestalt angenommen. Wie wenige derer, die vordem als Chemiker aus dem Universitätsstudium hervorgegangen sind, hatten dasselbe in dieser Absicht begonnen. Bewußt, als künftiger Chemiker die Universität zu beziehen, war eine Seltenheit, fast eine Curiosität. Man studirte Medicin, Pharmacie, Cameralia u. s. w. und wurde nachträglich Chemiker, angeregt durch besondere Umstände, angezogen durch den Gegenstand und zumeist gewonnen durch die Persönlichkeit dessen, der denselben glücklich zu vertreten berufen war. Ein wohlerwogener Studienplan lag in diesen Fällen nicht vor, ein consequenter Studiengang wurde nicht eingehalten; der Eifer füllte die Lücken aus, Liebe und Hingebung hatte nicht selten an die Stelle der erforderlichen Vorbereitung zu treten.

Wenn wir uns aussprechen sollen über den Gang, der heutigen Tags zum gelehrten Fachstudium der Chemie einzuschlagen ist, so wäre unsere Ansicht die, daß vor allem eine Grundlage allgemeiner Bildung wünschenswerth erscheint, wie dieselbe durch die humanistischen Studien des ganz erledigten Gymnasiums gewährt wird. In dem hierauf folgenden akademischen Studium ist dann ein etwa zweijähriges mathematisch-naturwissenschaftliches Vorstudium mit Einschluß geeigneter philosophischer Collegien empfehlenswerth, ganz ähnlich, wie es neuerdings den Medicinern auferlegt wird, bevor dieselben an die eigentliche Medicin gelangen. Hierbei verdienen mathematische und physikalische Studien ganz besondere Berücksichtigung, allein auch die naturgeschichtlichen Fächer, vorzüglich Mineralogie, dann Zoologie und Botanik dürfen dem Chemiker heutzutage nicht fremd sein. Von letztern Disciplinen ist es vorzugsweise der physiologische Theil, der ihm von Wichtigkeit ist.

Es mag nun das specielle chemische Fachstudium folgen, für das wir zwei bis drei Jahre als nicht zu viel in Anspruch nehmen, von welchen der erste Theil vorzugsweise dem Besuch der Vorlesungen über die verschiedenen Zweige der Chemie, der letzte ausschließlich und

anhaltend den praktischen Arbeiten im Laboratorium zu widmen ist. Dabei wird der lernbegierige Chemiker auch in den mitunter laufenden Pausen in den Ferien wohlthun, sein Ziel im Auge zu behalten, indem er dieselben theils zu Uebungen in gewissen mechanischen Fertigkeiten, wie im Glasblasen oder Löthrohrblasen und dergleichen benutzt, theils indem er keine Gelegenheit versäumt, Sammlungen, Lehranstalten und technisch-chemische Industrien, insofern sie eine förderliche Seite bieten, durch Anschauung kennen zu lernen.

Man ersieht hieraus, daß das wissenschaftliche chemische Studium einen großen Aufwand an Zeit, Arbeitskraft und von materiellen Mitteln in Anspruch nimmt; es wird insbesondere kostspielig, indem es kaum zu umgehen ist, daß nicht der Studirende der Chemie sich allerlei Geräthe und Apparate anschafft, daß er nicht chemisches Material zum Gegenstand seiner besondern Untersuchungen nimmt, für welches er meist selbst die Kosten zu tragen hat.

Würden wir ferner um unsere Ansicht gefragt, inwiefern es sich vortheilhaft erweist, das Studium der wissenschaftlichen Chemie zu ergreifen, so stellen wir uns vor, diese Frage geschehe nicht von seiten dessen, den ein Trieb innerer Nothwendigkeit zur Wissenschaft hinbewegt, denn solche Naturen finden und machen ihren Weg und gelangen an den rechten Platz auch ohne Wegweiser. Wir richten unsere Antwort vielmehr an denjenigen, der angezogen von dieser interessanten Wissenschaft, überrascht von ihren ebenso exacten als glänzenden Experimenten und vielleicht geblendet von manchen großen Erfolgen auf dem Gebiete der wissenschaftlichen und technischen Chemie den Gedanken hegt, die Chemie als vielversprechende Carrière zu erwählen, zumal in Zeiten so allgemeiner Uebersetzung in andern Fächern.

In diesem Sinne das Studium der wissenschaftlichen Chemie zu ergreifen, namentlich dasselbe als sogenanntes Brotstudium zu betreiben, können wir durchaus nicht zurathen. Abgesehen davon, daß, wie aus dem vorher Angedeuteten hervorgeht, dieses Studium an sich schon einen beträchtlichen Aufwand erfordert, sind endlich nach Vollendung desselben für den ausgebildeten Chemiker im gan-

zen wenig Aussichten geboten. Am meisten in die Ferne gerückt erscheint von diesen gerade die lohnendste die des akademischen Lehrstuhls. Aus der bekannten Anzahl unserer Universitäten und polytechnischen Schulen läßt sich hierüber schon eine Wahrscheinlichkeitsrechnung anstellen, als deren Resultat sich für die Mehrzahl der Competenten ein langjähriger, mit Anstrengung und Aufopferung verbundener Weg durch das Privatdocententhum ergibt. Diese Durchgangsphase ist aber gerade in der Chemie, die für ihren Unterricht so vieler und eigenthümlicher äußerer Hülfsmittel bedarf, schwieriger als in jedem andern Fach. Freuen wir uns, daß es in Deutschland niemals an jungen strebsamen Gelehrten fehlte, noch fehlen wird, die mit hingebender Resignation und getragen von der Liebe zur Wissenschaft auf diesem Wege ausharren — aber da wir diese seltenen Eigenschaften den wenigsten zutrauen dürfen, so ist das Einschlagen jenes Wegs im allgemeinen nicht anzurathen.

Nun bieten sich außer den akademischen Lehrstühlen noch eine beträchtliche Anzahl von Lehrstellen, die freilich nicht auf den Gipfelpunkt der wissenschaftlichen Lehrthätigkeit stehen, die aber als Warte- oder Uebergangsposten wol dienlich sind, ja selbst dauernde Versorgung gewähren können. Es sind dieses Lehrstellen an den von der Neuzeit allerwärts errichteten mittlern technischen Lehranstalten, an den bedeutendern Gewerbe-, Bürger- oder Realschulen.

Allein hier wird der Chemiker vom reinsten Wasser, dessen Streben ausschließlich der wissenschaftlichen Chemie zugewendet ist, sich weder heimisch fühlen noch verwendbar erweisen. Denn es bieten diese mittlern Lehranstalten, im Fall ihr Charakter nicht, wie freilich mehrfach geschehen ist, verkehrt aufgefaßt wird, keine ausreichende Verwendung für einen Docenten oder gar Professor der Chemie, sie bedürfen Lehrer von naturwissenschaftlicher Bildung, die mehrere Fächer zu vertreten befähigt sind und gleichzeitig als Schulmänner sich qualificiren.

Wenn wir daher bei Ergreifung des Studiums der Chemie als specielles wissenschaftliches Fach alle Umsicht und Selbstprüfung anrathen, so befinden wir uns in vollster Uebereinstimmung mit dem Urtheil eines uns befreundeten Vorstandes eines ausgezeichne-

ten akademischen Laboratoriums, in welchem zahlreiche Chemiker ihre Ausbildung erhalten. Wir stimmen demselben vollständig bei, wenn er bei etwaiger Anfrage deshalb wenig geneigt ist, das alleinige Studium der Chemie anzurathen, als vielmehr das Studium der Naturwissenschaften überhaupt.

Wir möchten das letztere etwas näher präciſiren. Das Studium der Naturwissenschaften überhaupt gewährt allerdings eine vielseitigere Verwendbarkeit, namentlich wenn man dabei solche Anstalten mit im Auge behält, die nicht eben Universitäten sind. Es wird aber alsdann die specielle Vertiefung erschwert, wo nicht unmöglich gemacht, welche allein zur Auszeichnung führt. Daher wird man hierbei stets ein Fach der besondern Neigung vorwalten lassen und so die nothwendige Einseitigkeit sich bewahren. Am dienlichsten erscheint in dieser Beziehung die Cultivirung verwandter Fächer und Gruppen, welchen man sich widmet. Als solche stellen wir auf: erstens Mathematik, Physik, Chemie; zweitens Physik, Chemie, Mineralogie; drittens Chemie, Mineralogie, Zoologie und Botanik; viertens Chemie, Technologie und Cameralwissenschaft.

Gehen wir nun über zur zweiten Phase des chemischen Unterrichts, zum Studium der Chemie als Hülfswissenschaft. Sie ist dieses für den Mediciner, Cameralisten, Forstmann und Hüttenmann, ferner für den Apotheker und den chemischen Techniker der mannichfaltigsten Art. Es würde ein ganz specielles Eingehen auf diese Fächer erfordern, wenn wir hier feststellen wollten, wie viel und wie wenig Chemie einem jeden derselben angemessen ist. Aber eins thut noth: ein klares Verständniß dessen, was überhaupt Chemie ist, ihrer wichtigsten Gesetze und Phänomene, ihrer Methode, Sprache und Ausdrucksweise, sei es nun, daß diese in der Vorlesung einer Universität oder einer polytechnischen Schule über Experimentalchemie erworben werde. Freilich reicht hierzu in den wenigsten Fällen das einmalige Hören eines solchen Cursus hin; der Gegenstand ist den meisten zu neu, die Fülle der Thatsachen zu groß, der Wechsel der Experimente zu reich und rasch, als daß alles dies sofort assimilirt werden könnte. Wir legen deshalb einen großen Werth darauf, daß bereits in den Vorbereitungsan-

stalten zum höhern Studium, in den Gymnasien und Realschulen mindestens so viel von der Chemie vorgekommen ist, daß die Sprache des Katheders verstanden werden kann.

Wenn wir in einem frühern Abschnitte den ganz enormen Aufschwung dargelegt haben, welchen die Industrie unter dem Einfluß der Chemie genommen hat, so deutet dies schon auf eine weitgediehene Verbreitung chemischen Wissens in Sphären hin, wo nicht gelehrte und wissenschaftliche Zwecke verfolgt werden, sondern die Ausbeutung gewinnbringender Erwerbszweige. Hauptsächlich geht diese technische Chemie aus von den polytechnischen Schulen oder von Lehrern für technische Chemie an Universitäten. Es leuchtet ein, daß zur Verfolgung solcher praktischen Lebenszwecke eine humanistische Vorbildung nicht erforderlich ist. Real- und Gewerbschulen dienen hier als vorbereitende Schulen und haben dem künftigen chemischen Geschäftsmann eine für den Verkehr förderliche Kenntniß neuerer Sprachen und für die Geschäftsführung dienliche Bekanntschaft mit dem Handelsfach zu gewähren.

Auf diese elementare Grundlage hat auch bei dem technischen Chemiker ein eingehendes vorbereitendes Studium in Mathematik, Physik und den übrigen Naturwissenschaften zu folgen, worauf die allgemeine Experimentalchemie und später die technische Chemie nebst den praktischen Arbeiten zu folgen hat. Es ergibt sich hieraus von selbst, daß der Uebergang von der wissenschaftlichen Chemie zur technischen oder umgekehrt, kein Sprung ist, sondern ein Schritt, den häufig eine im Verlauf des Studiums hervortretende Neigung veranlaßt.

Wenn bei dem wissenschaftlichen Fachstudium hauptsächlich die Theorie der Chemie, ihre Weiterentwickelung, die Erweiterung ihres Einflusses auf andere Wissenschaften das Hauptziel ist, so treten bei der technischen Chemie diese Richtungen mehr in den Hintergrund. Ihr Hauptzweck ist, den Standpunkt aller chemischen Industrien aufs genauste kennen zu lernen, die Erfahrungen früherer Zeit mit den Ergebnissen der neuesten Methoden zu vergleichen und überhaupt von dem Gang und Fortschritt in der rastlosen Fabrikation möglichst auch durch eigene Anschauung unterrichtet zu sein.

Für den technischen Chemiker sind Reisen zur Einsichtnahme von Fabriken jeder Art sowie zur Anknüpfung von Bekanntschaften zur Orientirung über eine Menge von Dingen, die nicht gerade chemischer Natur und doch für die chemische Industrie Wichtigkeit haben, vom größten Werthe. Tagelöhne, vorhandene Wasserkräfte und Rohmateriale, Lebensmittelpreise, Transportmittel und vieles andere sind auf solchen Wegen Gegenstände, die vom technischen Chemiker mit großer Aufmerksamkeit zu beachten sind, selbst unter Umständen, wo das eine oder andere dem augenblicklich verfolgten Zweck ganz fern liegt. Nicht genug ist demselben ein mercantilisch geschärfter Blick zu wünschen und unter Umständen geradezu anzurathen, eine Zeit lang sich den Comptoirgeschäften zu widmen.

Als weiteres Bedürfniß des technischen Chemikers bezeichnen wir einige Kenntniß vom Maschinen- und Bauwesen, wozu ihm an den polytechnischen Schulen Gelegenheit gegeben ist. Die Mehrzahl der chemischen Fabrikationen nimmt für verschiedene Zwecke, vorzugsweise zur Verkleinerung, Maschinen und Dampfkraft zu Hülfe, wovon uns ein Blick in die Fabriken von Ultramarin, Stärke und Zucker überzeugt. In allen Fällen sind es aber Feuerungsanlagen, die Einrichtungen von Oefen, Herden, Trockenräumen u. dgl. m., welche das Wesentliche der chemischen Fabrikeinrichtung ausmachen. Hier ist es für die Rentabilität der Fabrikation von größter Wichtigkeit, daß ein Minimum von Anlagekapital in die Gebäulichkeiten und Geräthe gesteckt werde, daß nicht erst in der Anlegung selbst noch experimentirt, daß endlich die höchste Leistungsfähigkeit in Beziehung auf die Wirkung des Brennmaterials erreicht werde. Verfehlte Anlagen in diesen Richtungen waren es häufig, die von vornherein als Keim des Mislingens vielversprechender Unternehmungen sich erwiesen haben.

Aus dem Vorhergehenden erhellt, wie auch das Studium der technischen Chemie einen beträchtlichen Aufwand von Zeit und Mittel erfordert. Man darf sicher annehmen, daß zur allseitigen, tüchtigen Ausbildung des Technikers ein nicht minderer Aufwand erforderlich ist als zum Studium eines gelehrten Faches. Auch die Zeit zur Vollendung der Studien wird in beiden Fällen die gleiche

sein. Der zukünftige technische Chemiker mag mit dem achtzehnten Jahre seine Vorbildung vollendet haben, sei es nun in den obern Klassen von höhern Realschulen, Gewerbschulen und Realgymnasien oder in den Vorbereitungsklassen einer polytechnischen Schule. Er wird sodann drei Jahre auf seine Fachstudien zu verwenden haben und somit vor dem zweiundzwanzigsten Jahre kaum verwendbar werden.

Es kann nun auch hier die Frage aufgeworfen werden, inwiefern es für junge Leute vortheilhaft und räthlich erscheine, der technischen Chemie sich zu widmen. Für alle diejenigen, welche von Hause aus an irgendein chemisch-technisches Gewerbe sich anzulehnen vermögen, ist dies fast unbedingt zu bejahen. Die künftigen Erben und Uebernehmer von Färbereien, Druckereien, Brauereien, Brennereien, sowie der Fabrikationen von Lacken, Firnissen, Farben, von Seife, Stearinkerzen und eigentlicher Chemikalien, sie alle werden bei rechter Verwendung ihrer Studienzeit dereinst sichern Gewinn aus derselben ziehen. Auch werden dieselben je nach Bedürfniß theilweise mit einem geringern Zeitaufwand im Studium dem Bedürfniß ihrer speciellen Fabrikation genügen können.

In wesentlich verschiedener Lage befindet sich der fertig gewordene technische Chemiker, bei welchem die ebenerwähnte Bedingung hinwegfällt. Er muß gleich jedem andern Industriellen und Kaufmann sich selbst jetzt weiter helfen, sei es nun, daß er als Chemiker in irgendein bestehendes Geschäft eintritt, oder daß er die Gründung eines solchen unternimmt. Wie es uns scheint, sind nun in diesem Augenblicke technische Chemiker im allgemeinen mehr angeboten als gesucht, und für besonders schwierig halten wir das erste Eintreten und Unterkommen. Denn ein bestehendes Geschäft sucht am liebsten einen Chemiker, der bereits in seiner Branche gearbeitet hat, und nimmt ungern einen Anfänger, einen sogenannten Theoretiker, der sich im Fabrikationswesen selbst erst zu orientiren hat. Es kommt hierbei, sowie auch bei Geschäftsanlagen, abgesehen von vorausgesetzter Leistungsfähigkeit, außerordentlich viel auf Bekanntschaften, Verbindungen und Empfehlungen, kurz auf Verhältnisse an, die mit der Chemie an sich nichts zu thun haben.

Unter günstigen Umständen kann somit diese Carrière eine außerordentlich lohnende werden. Nicht unerwähnt bleibe es, daß früher die technischen Chemiker sich fast ausschließlich aus absolvirten Apothekern rekrutirten. In der That gewährt die Verbindung des pharmaceutischen Faches mit dem chemisch-technischen einem jungen Manne jedenfalls den Vortheil, daß es ihm niemals an einem Unterkommen fehlen wird.

Wir glauben durch diese kleine Erörterung der Aussichten sowol für den gelehrten als auch für den technischen Chemiker denjenigen einen Dienst geleistet zu haben, welche bei der Wahl ihres künftigen Berufs sich der Chemie zuwenden wollen und geneigt sind, sich über die Erfolge ihres Studiums allzu große Illusionen zu machen. Täuschen wir uns nicht, so befindet sich die Heranbildung von Chemikern bereits in einem Stadium von Ueberproduction und es würde sich aus der Anzahl von Bewerbungen, welche beim Ausschreiben einer Lehrstelle oder einer technischen Verwendung einlaufen, nicht schwer fallen, hierfür den Beweis zu liefern.

Wenden wir uns nun zu den Lehranstalten selbst, welche zur Ausbildung des technischen Chemikers sich bieten, so hat in dieser Beziehung in Deutschland seit dreißig Jahren ein ganz außerordentlicher Aufschwung stattgefunden. Wir finden hier, von unten aufsteigend, die Realschulen, höhern Gewerbschulen und polytechnischen Lehranstalten in einer Weise mit Lehrkräften und Lehrmitteln ausgerüstet, wie dies kein anderes Land aufweist. Wir finden jetzt fast allerwärts in den größern Städten Realschulen, in welchen die Hülfsmittel für den chemischen Unterricht mit Einschluß der Lokalitäten geräumiger, zweckmäßiger und eleganter ausgestattet erscheinen, als dies vor 25 Jahren bei Liebig's damals schon weltberühmter Unterrichtsanstalt der Fall war.

Ein wahres Vergnügen gewährt es uns aber von zwei der bedeutendsten chemischen Laboratorien, die mit umfassender Berücksichtigung aller Bedürfnisse für den Unterrichtszweck in neuester Zeit eingerichtet worden sind, eine genauere Beschreibung und Ansicht geben zu können. Wir verdanken dieses der freundlichen Gefälligkeit, womit die ausgezeichneten Vorstände dieser Anstalten, die Her-

ren Professoren von Fehling in Stuttgart und von Weltzien in Karlsruhe uns die geeigneten Mittheilungen gewährt haben.

Nebenstehende Tafel zeigt uns die beiden Laboratorien im Grundriß, und wenn auch die beigefügten schriftlichen Bezeichnungen in der Hauptsache zum Verständniß ihrer Einrichtungen hinreichen und der mitgegebene Maßstab in den Stand setzt, von der beträchtlichen Ausdehnung derselben eine richtige Vorstellung zu ermöglichen, so benutzen wir doch die uns gewordene Erlaubniß zur Wiedergebung der nähern Erläuterungen, welche von Herrn von Weltzien in der bei Gelegenheit der Versammlung deutscher Naturforscher veröffentlichten Schrift in dieser Beziehung gemacht worden sind.

„Der Bau des chemischen Laboratoriums in Karlsruhe, mit dessen Ausführung die Professoren Weltzien und Lang beauftragt waren, begann im März 1851 und schon am 7. October desselben Jahres konnte das Laboratorium dem Betriebe übergeben werden. Die Anzahl der Schüler vermehrte sich aber im Laufe weniger Jahre so bedeutend, daß der Raum im neuen analytischen Laboratorium, welches 26 Plätze enthielt, nicht mehr ausreichte. Desgleichen erwies sich das Auditorium, welches für 111 Zuhörer berechnet war, als zu klein. Es wurde daher im Frühjahr 1857 eine Erweiterung des Laboratoriums und Auditoriums beschlossen und im Laufe des Sommers ausgeführt.

„Bei dieser Erweiterung wurde, wie beim ursprünglichen Bau, die zweckmäßige Sonderung der nothwendigen drei Abtheilungen eines derartigen Instituts besonders berücksichtigt, nämlich 1) für den demonstrativen Unterricht, 2) für den praktischen Unterricht der Schüler, 3) Räumlichkeiten zur Darstellung der nothwendigen Reagentien und zur Ausführung größerer Arbeiten.

„Die erste Abtheilung umfaßt die Räumlichkeiten, welche für den demonstrativen Unterricht dienen, nämlich das Auditorium A mit Raum für 240 Zuhörer und das Präparatenzimmer D, worin außer den Sammlungen auch die für die Vorlesungen nöthigen Apparate aufbewahrt werden. Ferner gehört zu dieser Abtheilung noch das Privatlaboratorium C des Vorstandes,

fern in demſelben die Vorbereitungen zu den Verſuchen für die Leſungen getroffen werden.

„Die zweite Abtheilung umfaßt den analytiſchen Unterricht der Praktikanten. Zu dieſer gehört das analytiſche Laboratorium G mit 64 Arbeitsplätzen, das Wagenzimmer F, eine Materialkammer mit den für das Laboratorium nothwendigen Reagentien und eine Garderobe für die Praktikanten. Dieſes Laboratorium enthält außer vier Abdampfheerden und zwei Dampfapparaten zu Gewinnung des deſtillirten Waſſers mit angebrachten Trockenkaſten, keine weitern Vorrichtungen, namentlich kein ſonſt übliches gemeinſchaftliches Sandbad. Um alle Schüler in ihren Arbeiten vollkommen unabhängig voneinander zu erhalten, geſchehen alle Abdampfungen auf portativen Waſſer- und Sandbädern über Gaslampen. Das Laboratorium enthält 60 Beleuchtungsbrenner und 141 Brenner zum Kochen und Schmelzen. Endlich gehört zu dieſer Abtheilung eine offene Halle O, beſonders zu Arbeiten mit Schwefelwaſſerſtoff.

„Die dritte Atheilung enthält die ſogenannten technischen Laboratorien und umfaßt die drei Räumlichkeiten des Deſtillir- und Schmelzlaboratoriums und des Apparatenzimmers L. Endlich befindet ſich in der Mitte des ganzen Inſtituts das Arbeitszimmer E des Vorſtandes.

„Das Deſtillirlaboratorium M dient zu allen Darſtellungen und Arbeiten im größern Maßſtabe, mit Ausnahme der Schmelzproceſſe. Es enthält außer zwei Kapellen und einem großen Sandbad mit angefügtem Trockenkaſten vier Arbeitsherde, drei geſchloſſene und einen großen offenen, nur mit Rauchfang verſehenen. Ausnahme der Heizungen des Sandbades und der Kapellen ſchehen auch hier die Erwärmungen durch Gas. In dieſem Ra iſt auch die Glasblaſelampe untergebracht und werden die Ele taranalyſen ausgeführt.

„Das Schmelzlaboratorium N enthält ſechs Windöfe verſchiedener Größe, einen großen Muffelofen, freiberger mit Steinkohlenfeuerung, einen kleinern zur Darſtellung von u. ſ. w., einen Röhrenofen, einen Apparat zur Darſtellu

Ammoniak, zwei große Kessel, eiserne Kessel zur Darstellung von Aetzkali u. dgl. m.

„Das Zimmer K, in welchem die feinern Apparate untergebracht sind, wie z. B. die Luftpumpe und besonders diejenigen, welche zur Gasometrie gebraucht werden, dient gleichzeitig den Assistenten zur Garderobe und theilweise zu den schriftlichen Arbeiten, die sich im Laufe des Tags ergeben.

„Diesen drei Abtheilungen des Instituts entsprechend sind jetzt drei Assistenten angestellt. Der erste hat die Aufsicht im analytischen Laboratorium und zunächst die Instruction der Praktikanten; der zweite hat die Ueberwachung des technischen Laboratoriums und die Leitung der dort vorkommenden Arbeiten: der dritte arbeitet im Privatlaboratorium des Vorstandes, hilft demselben bei seinen Arbeiten, präparirt die Vorlesungen und assistirt in denselben."

Ein vergleichender Blick auf die Abbildung des in seiner Einrichtung nicht minder ausgezeichneten Laboratoriums in Stuttgart läßt erkennen, daß dieselbe im wesentlichen nach denselben Grundsätzen getroffen worden ist. Es muß hervorgehoben werden, daß in beiden durch die Anlage von geeigneten Zugvorrichtungen möglichst Sorge getragen ist, nicht nur die gefährlichen, sondern auch die beschwerlichen Gase und Dämpfe in dem Maße, als sie sich entwickeln, zu entfernen. Die punktirten Linien auf dem Grundriß des stuttgarter Laboratoriums deuten die zu diesem Zwecke angelegten Luftkanäle an, welche in ein Hauptzugrohr sich münden.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß Deutschland der großen Anzahl chemischer Lehranstalten, ausgestattet mit vortrefflichen Lehrkräften und reichen Lehrmitteln, den großen Aufschwung verdankt, den es im Gebiete der Chemie nicht nur in wissenschaftlicher Hinsicht, sondern auch in industriellen Leistungen genommen hat und nach welchen es den ersten Rang einnimmt.

Wenn wir somit nur mit vollster Befriedigung darauf hinweisen konnten, wie für die Bedürfnisse des wissenschaftlichen und technisch-chemischen Unterrichts Sorge getragen ist, so bleibt nur noch übrig zu betrachten, inwiefern der chemische Unterricht

als allgemeines Bildungsmittel Anerkennung und Verbreitung gefunden hat, ob und wie er daher vertreten ist in denjenigen Anstalten, welche im allgemeinen die Erziehung und Bildung des Menschen als Ziel haben, wie die Volksschulen, Gymnasien, Bürger- und Realschulen.

Was die Elementarschulen und eigentlichen Volksschulen in Stadt und Land betrifft, so kann dort selbstverständlich von chemischem Unterricht nicht die Rede sein. In höhern Bürgerschulen, auch vielwärts Realschulen genannt, überhaupt in Schulen, die, ohne alte Sprachen zu lehren, die Söhne des Bürgerstandes doch bis zum vollendeten funfzehnten oder sechzehnten Jahre unterrichten, und aus welchen die Schüler größtentheils unmittelbar ins Geschäftsleben zurücktreten, läßt sich dagegen schon Raum, Zeit und Auffassungsvermögen für den Unterricht in der Chemie gewinnen. Freilich wird dieser Unterricht mit Nutzen nur ebenso weit greifen können, als es die drei genannten Bedingungen gestatten. Man wird sich darauf beschränken müssen, einige der wichtigsten Grundbegriffe zu vermitteln; und es darf schon als großer Gewinn angesehen werden, wenn die Begriffe der einfachen und zusammengesetzten Körper, der chemischen Aequivalente, der Säuren, Basen und Salze, sowie der Verlauf chemischer Zersetzungen, namentlich auch der organischen Körper zum Verständniß gebracht und die wichtigsten Stoffe und ihre Verbindungen, sowie ihre technische Verwendung bekannt gemacht werden können. Für verfehlt halten wir es, mit Schülern dieser Kategorie praktische Uebungen vornehmen zu wollen. Dazu fehlt es hier vor allem an Zeit. In den dafür zu erübrigenden vier bis sechs wöchentlichen Stunden werden die Leistungen kaum mehr als eine Spielerei sein. Das chemische Arbeiten gehört einer höhern, auf specielle Fachbildung angelegten Anstalt an und muß, falls es Resultate haben soll, den Zögling fast ganz in Anspruch nehmen.

Eine wesentliche Bedeutung legen wir der Einführung des Unterrichts in der Chemie auf den Gymnasien bei, insofern hier ein Theil unserer männlichen Jugend die eigentliche Grundlage jener

Geistesentwickelung erlangt, die ihn als den gebildeten Stand bisher so specifisch von der übrigen Bevölkerung unterschieden hat.

Chemie im Gymnasium! Wir berühren mit diesen Worten einen schon lange erregten, bald mit mehr oder minder Eifer, ja Leidenschaft geführten Streit über die Zulassung der Realien in den Gymmasien, über das Verhältniß der alten Sprachen zu den reichen Schätzen des modernen Wissens, insbesondere der Naturwissenschaften und zu den Anforderungen des Lebens.

Es kann und soll hier dieser Streit weder aufgenommen noch viel weniger entschieden werden, sondern nur einige Bemerkungen wollen wir machen, einige Andeutungen geben. In welcher Klasse unserer Bevölkerung herrscht gegenwärtig jenes rege Interesse nach naturwissenschaftlicher Belehrung, durch welche eine so große Anzahl von Schriften hervorgerufen wurde, die keineswegs für das wissenschaftliche Studium geschrieben sind? Es ist eben jener gebildete Stand, der in seiner ganzen Jugendbildung, mit theilweisen Ausnahmen der Physik, die Natur schmerzlich vermißt und mit der Sehnsucht des Kindes der lange entfernt gehaltenen Mutter die Arme entgegenstreckt. Und soll ihm diese auch ferner entzogen bleiben?

Den Naturwissenschaften sonst nicht unfreundlich gesinnte Philologen versichern, daß Zeitmangel der wichtigste Grund des Fernhaltens der Naturwissenschaften von dem Lehrkreise des Gymnasiums sei. Wir glauben, dieser Grund ist unzureichend. Das Gymnasium behält seine Schüler hinreichend lange (in der Regel acht Jahre), um bei zweckmäßiger Anordnung in nur wenigen Stunden wöchentlich das ganze Gebiet der Naturwissenschaften, von unten auf etwa in dieser Reihenfolge zu erledigen: Zoologie, Botanik, Physik mit Mechanik und Astronomie, Chemie mit Mineralogie, Geologie und Physiologie.

Die Einwürfe über Zersplitterung der Kräfte, Häufung der Arbeit, Zerstreuung und Verflachung durch vielfache Lehrobjecte, welche der Aufnahme der Chemie wie der übrigen Naturwissenschaften entgegengehalten werden könnten, muß der Verfasser entschieden zurückweisen, indem er sich dabei auf die Erfahrung einer Reihe von Jahren stützt. Grundsatz ist dabei, allen Lehrstoff in der Lehr-

stunde selbst zu geben und zu verarbeiten, keinerlei häusliche Arbeiten, namentlich keine schriftlichen vom Schüler zu verlangen. Ohne Ausnahme zeigte ihm dabei der Erfolg, daß diejenigen Schüler, die in den alten Sprachen die gediegensten Kenntnisse hatten und den ersten Rang behaupteten, auch in den Naturwissenschaften die tüchtigsten waren, daß Schüler, die überhaupt keinen wissenschaftlichen Sinn bethätigten, auch theilnahmlos gegen Naturwissenschaften sich verhielten, daß endlich hier und da einige sich fanden, welchen gewissermaßen das Organ für philologische Studien abging und welche doch in Mathematik und Naturwissenschaften Erfreuliches leisteten.

Es ward schon früher von uns hervorgehoben, wie trotz der ins Ungeheure gehenden Ausdehnung des hier behandelten Zweiges der Naturwissenschaft, nämlich der Chemie, das Studium derselben nicht schwieriger, vielmehr zugänglicher geworden sei, weil eine bessere Methode auf fester Grundlage den Schüler viel weiter führt als vordem.

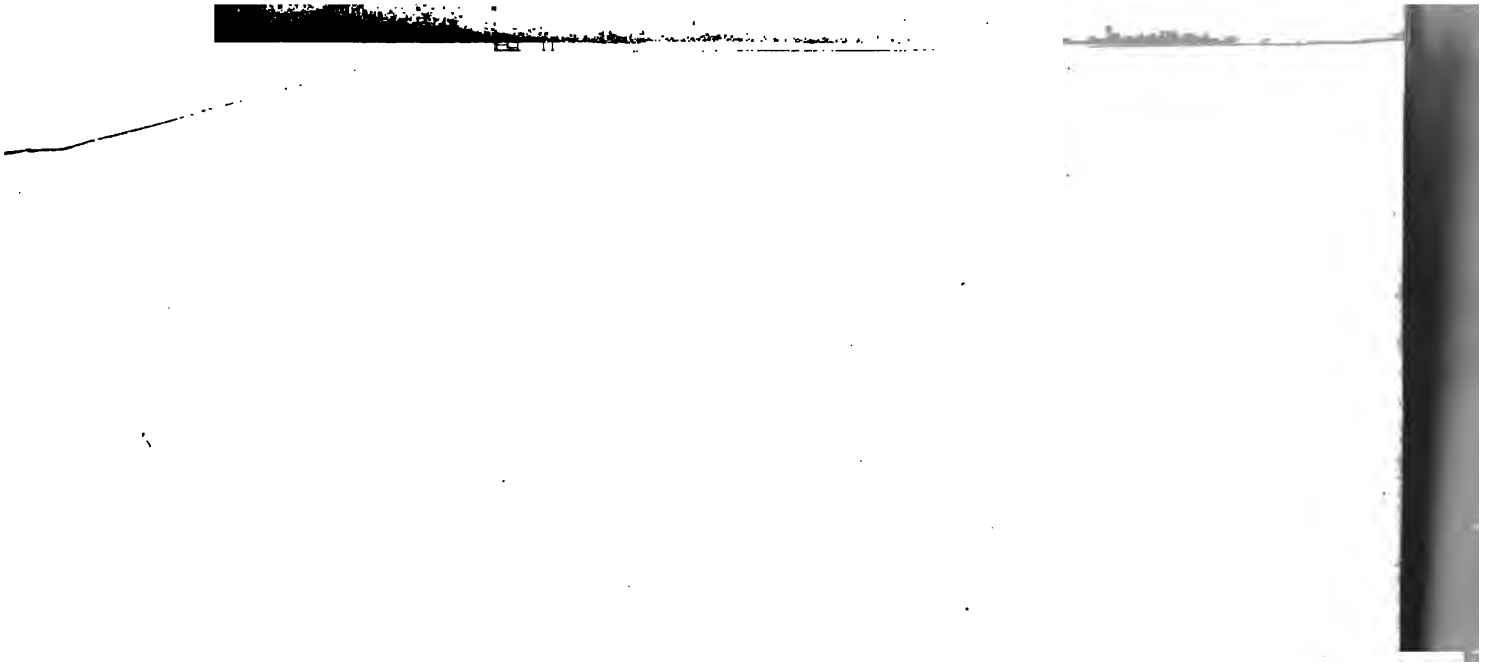
Würde freilich im chemischen Unterrichte ähnlich verfahren wie von manchen Philologen geschieht, die sich in der Anhäufung von gelehrtem Detail und in der Erörterung philologischer Subtilitäten am meisten gefallen, wollte z. B. der Lehrer der Chemie bei der Geschichte des Schwefels die verschiedenen thionigen Säuren mit aufnehmen, desgleichen die Abhandlung aller neuentdeckten seltenen Elemente — wovon, beiläufig gesagt, selbst auf Hochschulen nur ganz aphoristisch die Rede ist —, so wäre freilich die Ein- und Durchführung der Chemie in den Gymnasien eine Unmöglichkeit. Das Gymnasium soll ja keine Chemiker bilden, aber auch keine Philologen! Im rechten Maßhalten liegt hier, wie überhaupt, die Möglichkeit eines gedeihlichen Zusammenseins und Zusammenwirkens.

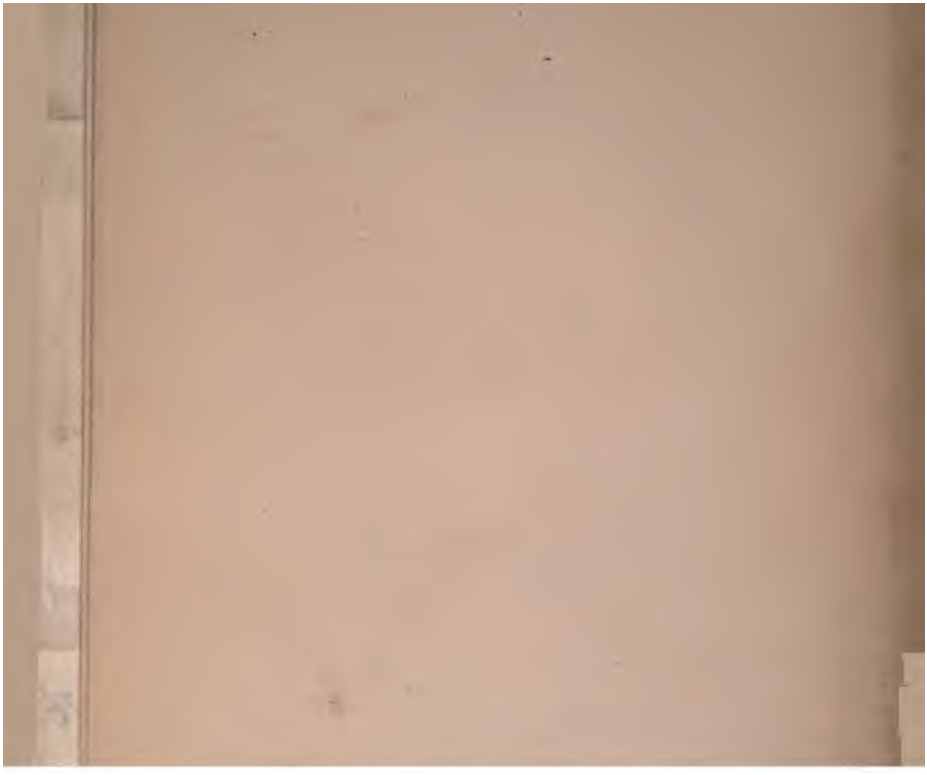
Darum können wir es nicht billigen, daß manche Gymnasien, um den Realschulen Concurrenz zu machen oder um dieselben nicht aufkommen zu lassen, sowol den Naturwissenschaften als auch den neuen Sprachen eine solche Ausdehnung eingeräumt haben, daß die Schüler mit Objecten überladen und durch die gehäufte Stun-

denzahl erdrückt werden mußten, abgesehen davon, daß unter solchen Umständen der eigentliche Charakter des Gymnasiums alterirt wurde. Auch halten wir alle Zwitteranstalten, in welchen zwei verschiedenen Richtungen im Bildungswesen gleichzeitig genügt werden soll, für verfehlt. Man gewöhne sich doch an das Wort des Meisters: „Eines schickt sich nicht für alle.“ Nicht minder sprechen wir uns gegen die Neigung aus, gewisse Lehrobjecte in die Schulen aufzunehmen, weil dieselben doch dem einen oder andern nothwendig werden könnten. Durch solche Concessionen an einzelne geht alle sichere Haltung im ganzen verloren.

Aber als bedenklich müssen wir die in neuester Zeit mehrfach hervortretende Tendenz bezeichnen, den naturwissenschaftlichen Unterricht überhaupt aus den Gymnasien hinauszudrängen, um so bedenklicher, wenn, wie in Oesterreich versucht wird, gleichzeitig den Unterricht in Geschichte und in deutscher Sprache trocken zu legen. Man erziehe nur Generationen ohne Kenntniß und Urtheil von den realen Dingen der Natur und des Lebens, ungelenk im Gebrauche der vaterländischen Sprache in Wort und Schrift und man wird dereinst mit Schmerzen erfahren, welchen Rang ein Land einnehmen muß, dessen beste Jugend eine derartige Verkümmerung ihrer Ausbildung zu erleiden hatte.

Wir empfehlen die Chemie als Unterrichtsbestandtheil den Gymnasien wegen ihres allgemein bildenden Inhalts, und können uns nicht darauf verweisen lassen, daß es allen Studirenden freistehe, diese Ergänzung auf der Universität einzuholen. Da, wo Collegiengelder bezahlt werden müssen, steht die Experimentalchemie — gewöhnlich eins der theuersten Collegien — dem Hörer keineswegs frei, abgesehen davon, daß die Stunden, in welchen sie vorgetragen wird, in der Regel mit den Fachcollegien zusammenfallen werden. Die Erfahrung lehrt überdies, wie gering die allgemein bildenden Collegien: Mathematik, Physik, Logik, Philosophie u. s. w., auf der Universität benutzt werden, selbst wenn dieselben als Zwangscollegien erklärt sind. Viel geeigneter erscheint in dieser Beziehung die Einschaltung des den philosophischen Studien und den Naturwissen-





THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
REFERENCE DEPARTMENT

This book is under no circumstances to be taken from the Building

form 410